

ОПРОБОВАНИЕ
РУД
КОРЕННЫХ
МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗОЛОТА

ЦЕНТРАЛЬНЫЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫЙ ИНСТИТУТ
ЦВЕТНЫХ И БЛАГОРОДНЫХ МЕТАЛЛОВ

Ц Н И Г Р И

НТК «ГЕОЭКСПЕРТ»

ОПРОБОВАНИЕ РУД КОРЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
ЗОЛОТА

МОСКВА

1992

Кувшинов В.П., Бакулин Ю.А., Иванов В.Н., Леля А.Д.,
Воларович А.Г., Беневольский Б.И., Лобач В.И.

Опробование руд коренных месторождений золота. М.: ЦНИГРИ,
1992. — 160 с.

В работе рассмотрены теоретические основы опробования, охарактеризованы главные виды проб, а также факторы, определяющие выбор способа отбора проб и их параметры. Изложена методика отбора геологических проб в горных выработках и скважинах. Даны группировка месторождений золота применительно к задачам опробования с целью повышения его эффективности и представительности при разведке. Обобщены, проанализированы и предложены методические приемы выбора рациональных способов отбора и оптимальных параметров рядовых геологических проб.

В работе также изложены требования, предъявляемые к специальному, технологическому опробованию, опробованию на попутные компоненты, а также к фотодокументации мест отбора проб, рекомендована методика их проведения. Приведены сведения о применении наиболее современных технических средств, серийно выпускаемых промышленностью, для отбора и обработки проб, дана их характеристика.

Для специалистов, занимающихся поисками и разведкой золоторудных месторождений.

Табл.22, ил.28, библиогр. 46 назв.

Под редакцией к.г.-м.н. В.Н.ИВАНОВА

0 1804020000 — 002
P82(03) — 92

В В Е Д Е Н И Е

При разведке золоторудных месторождений применяются три основных типа опробования — геологическое, специальное и технологическое. Они отличаются по своему назначению, способом отбора проб, методике проведения работ, количеству отбираемых проб и методам их исследования, но каждый из них является чрезвычайно важным этапом геологоразведочных работ, так как на их основе устанавливаются главные параметры оцениваемого месторождения (средние содержания, мощность, объемная масса) и другие его характеристики, используемые при подсчете запасов золота и попутных компонентов, проектировании горнодобывающих и перерабатывающих предприятий.

Оценка качества руд и установление количества полезного компонента в них на золоторудных месторождениях проводится на основе геологического опробования на всех стадиях разведки с целью оконтуривания промышленных рудных тел и подсчета запасов полезных компонентов. Это предопределяет высокие требования к этому типу опробования, а следовательно и к решению ряда методических и технических вопросов: выбор способа и технических средств отбора, параметров и рационального расположения геологических проб, обоснование плотности («шага») опробования, наиболее рациональных схем и технических средств обработки проб и т.д.

Очень важными в процессе разведки золоторудных месторождений являются и работы по специальному опробованию, проводимые с целью определения величины объемной массы руды, являющейся одним из параметров при подсчете запасов и могущей существенно повлиять на надежность подсчета запасов.

Без проведения технологического опробования не может быть дана промышленная оценка месторождения, не могут быть утверждены запасы и произведено проектирование горнорудного предприятия. Правильность выбора технологической схемы переработки руд и получение высоких показателей по комплексному извлечению полезных компонентов зависит от соблюдения требований к технологическому опробованию, а именно к представительности проб, методике их отбора и предварительной обработки, хранения, транспортировки и т.д. В связи с тем, что в последнее время осваиваются труднообогатимые руды и руды с низкими содержаниями золота, технологическое опробование приобретает еще большее значение.

Опробование, изучение, учет и вовлечение в промышленное освоение попутных полезных компонентов, наряду с основным компонентом —

золотом, повышает полноту использования недр и экономический потенциал золоторудных месторождений, способствует созданию безотходной и малоотходной технологии переработки минерального сырья.

Все вышесказанное требует постоянного внимания к решению вопросов, связанных с усовершенствованием методики, способов и технических средств опробования золоторудных месторождений, которые, как правило, отличаются сложностью геологического строения, высокой степенью неравномерности распределения содержаний золота в рудах, обусловленной часто гнездовым характером и крупными формами его выделений, а также своеобразием физических свойств непосредственно самого самородного золота (ковкость, пластичность, высокая удельная плотность и т.д.). Все это вносит существенные изменения в методику опробования золоторудных месторождений. Об этом свидетельствует практика геологоразведочных работ, публикации по вопросам опробования золоторудных месторождений, а также многолетние исследования ЦНИГРИ в этой области.

Актуальность проблемы повышения надежности проб и представительности результатов опробования месторождений золота вызвало необходимость подготовки методического руководства по опробованию золоторудных месторождений, которое на современном научном уровне свело бы воедино теоретические основы опробования, охарактеризовало существующие виды проб и способы их отбора, определило методику опробования основных групп месторождений различных морфологических типов, а также осветило основные методические приемы выполнения контрольных работ и представило главные технические средства отбора и обработки проб.

Для подготовки такого руководства имелись следующие предпосылки:

- в настоящее время в разведку вовлекаются все более разнообразные типы золоторудных месторождений, отличающихся по условиям залегания, наличию или отсутствию четких геологических границ, морфологическим особенностям и внутреннему строению рудных тел, минеральному составу руд, содержанию золота и формам его нахождения, что естественно осложняет проведение геологического и других типов опробования и делает необходимым повышать к ним требовательность в отношении получаемых результатов;

- накопилось много принципиально новой информации и теоретических разработок, касающихся методики опробования месторождений различных типов, требовавших своего обобщения и внедрения в практику геологоразведочных работ;

- значительные изменения произошли и в области технического оснащения процессов опробования. Созданы механические пробоотборники для отбора линейных проб в горных выработках, сконструированы новые или усовершенствованы имевшиеся приспособления, повышающие выход керна при бурении скважин, разработаны и прошли государственные испытания кернорезные станки и аппаратура для обработки проб, позволяющие создавать единые линии пробообработки.

В свете указанного настоящая работа обобщает накопленный за последние годы опыт опробования золоторудных месторождений различных морфологических типов, а также результаты теоретических, научно-исс-

ледовательских и конструкторских работ в области опробования, с учетом возросших требований к полноте изучения и надежности подсчета запасов разведуемых месторождений.

В работе определены основные задачи опробования, отражены современные взгляды на теоретические основы опробования, а также охарактеризованы основные виды проб и способы их отбора. Проведена группировка золоторудных месторождений применительно к задачам опробования, а также факторов, определяющих пространственное положение и ориентировку проб, способ их отбора и главнейшие параметры. Кроме того освещены вопросы механизации опробования, дано подробное описание наиболее совершенных механизмов для отбора и обработки геологических проб, указаны принципы их действия, приведены их технические и производственные характеристики. Значительное место удалено вопросам контроля геологического опробования. Сделана попытка унифицировать процесс проведения контрольных работ с целью создания единой истройной системы проведения этого вида работ, обеспечивающего решение задач, связанных с выбором способа отбора проб и их параметров.

Особое место в работе отведено геологическим наблюдениям при контролльном и рядовом опробовании, позволяющим решать многие вопросы, связанные как с выявлением геологической природы возникающих погрешностей опробования, так и непосредственно с изучением особенностей внутреннего строения рудных тел месторождений. В методическом руководстве также широко охарактеризованы и сведены в единое целое основные принципы и методические приемы опробования с целью оценки попутных компонентов, определения величины объемной массы и проведения технологических исследований на различных стадиях геологоразведочных работ.

Следует, однако, указать, что хотя настоящая работа подготовлена с учетом современных достижений в области теории и практики опробования, многие вопросы, касающиеся отдельных его сторон, должны получить свое дальнейшее развитие. В связи с этими направлениями исследований, существенно повлиявшими бы на надежность проб и представительность опробования, могут быть:

- развитие методики опробования на основе глубокого и всестороннего изучения особенностей геологического строения рудных тел золоторудных месторождений;

- усовершенствование существующих способов и технических средств отбора и обработки «материальных» проб и широкое их внедрение в практику геологоразведочных работ;

- создание принципиально новых технических средств отбора проб, объединяющих процесс отбора и обработки проб в единый, законченный цикл;

- доведение до практического использования разработок по ядерно-физическому способу «нематериальных» замеров содержания золота в коренном залегании руд без отбора в пробу рудного материала.

Методическое руководство предназначено инженерно-техническим работникам геологоразведочных организаций, ведущих разведку золоторудных месторождений.

ГЛАВА 1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

1.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ И ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ

В решении задач, поставленных перед геологоразведочными работами, важная роль принадлежит геологическому опробованию, методика проведения которого тесно переплетается с методикой и системами разведки золоторудных месторождений на различных стадиях их изучения и оценки.

Геологическое опробование является одним из главных видов работ во всем геологоразведочном процессе. При разведке золоторудных месторождений оно приобретает наиболее важное значение в связи с относительно низкими содержаниями золота в рудах большинства месторождений, неравномерным его распределением, разным размером частиц золота (золотин), встречающихся часто в руде одного и того же типа, а также высокой ковкостью золота, обуславливающей его плохую измельчаемость при дроблении материала проб при их обработке.

Геологическое опробование проводится на всех стадиях геологоразведочного процесса, от поисково-оценочных работ до эксплуатационной разведки месторождений. Основными его задачами являются: изучение вещественного состава руд в коренном их залегании, определение количества полезных и вредных компонентов, заключенных в рудах, выявление характера распределения этих компонентов по простирианию, 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 при разведке являются основным источником информации о концентрации и особенностях пространственного распределения золота и служат основой геометризации рудных тел при подсчете запасов. Вопросы опробования при доразведке и эксплуатационной разведке в настоящей работе не рассматриваются.

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 опробование носит в большей степени выборочный характер и состоит в основном из отбора проб в канавах, шурфах и скважинах, вскрывающих рудные тела. На основе опробования устанавливается наличие золота и его содержание в рудопроявлениях и рудных телах, определяются приблизительные размеры рудных тел в плане и осуществляется предварительное изучение вещественного состава руд.

На стадии предварительной разведки проводится систематическое опробование по всем, без исключения, горным выработкам и скважинам.

Это позволяет выделить интервалы с промышленным содержанием золота и других 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 предварительной разведки разрабатываются временные кондиции и подсчитываются запасы.

На стадии детальной разведки продолжается систематическое опробование. Опробуются все горные выработки и буровые скважины, пересекающие золотое оруденение.

Основными задачами опробования в этот период работ являются: оконтуривание рудных тел; установление вещественного состава руд и характера распределения золота и попутных компонентов, изучение пространственного размещения технологических типов и промышленных сортов руд, выбор места отбора технологических проб для полупромышленных испытаний. На основе данных детальной разведки подсчитываются запасы руды и металла с учетом утвержденных постоянных кондиций и предполагаемого способа отработки месторождений.

Сущность геологического опробования заключается в размещении, отборе, обработке и анализе проб для надежного определения количества (содержания) полезных и вредных компонентов в руде, в ее коренном залегании по частным пробам с целью получения представительных данных о среднем содержании и распределении этих компонентов в объеме недр, определяемом размерами месторождения или отдельного рудного гела, участка, блока. Основу этих данных составляет система геологических проб, размещенных в соответствующем объеме недр (блоке, рудном геле, и т.д.).

При геологическом опробовании должны соблюдаться следующие основные требования: 1) методика опробования, способ отбора проб и их параметры должны соответствовать геологическим особенностям золоторудных месторождений, характеру внутреннего строения рудных тел и распределению в них золота и других компонентов; 2) количество проб должно обеспечивать представительное определение качественных и количественных показателей рудных тел; 3) отбор, обработку следует проводить по методике, разработанной для конкретного месторождения с соблюдением требований, обеспечивающих надежность определения содержания золота и других компонентов по каждой пробе.

Ввиду большого объема работ по опробованию, проводимых при разведке, и важности их результатов для промышленной оценки месторождений рекомендуется уже в начальный период разведочных работ проводить экспериментальные исследования по выбору наиболее надежных способов отбора и параметров проб, рационального их расположения и обоснования плотности («шага») опробования. При этом следует исходить из того, что погрешности опробования сказываются не только на качественной и количественной характеристике руд, правильном оконтуривании промышленного оруденения и точности подсчета запасов, но в значительной мере определяют и общую геологическую эффективность результатов разведочных работ.

Поэтому геолого-экономическое значение опробования должно рассматриваться с точки зрения наиболее надежного оконтуривания рудных тел, выявления особенностей их морфологии и точного положения в пространстве, оценки качества и количества руд и характера распределения в них золота, что является основой подсчета запасов и в значительной мере способствует эффективной отработке месторождения, сокращая потери и разубоживание промышленных руд. В то же время снижение расходов на опробование не является определяющим фактором его экономической эффективности, если учитывать соотношение затрат на проходку разведочных выработок, скважин и затрат на проведение непосредственно самого опробования.

Геологическая проба является единичным локальным замером (наблюдением), предназначенным для выявления количества и качества (например, содержания) полезного и вредного компонента в руде, в определенной точке рудного тела. В настоящее время при оценке золоторудных месторождений осуществляются «материальные» замеры, при которых из коренного залегания руд или из отбитой при горных работах массы руды в пробу отбирается, а затем обрабатывается материал (соответствующим способом, по установленным правилам, определенного объема), с целью его анализа. На основе анализа отобранного в пробу материала устанавливается количественная и качественная характеристика полезного компонента в руде (в объеме пробы). Примером прямых материальных замеров является традиционно отбираемые при разведке золоторудных месторождений пробы (бороздовые, керновые и др.). Система таких проб, размещенных в пределах оцениваемого объема недр (блока, участка, рудного тела, месторождения) является основой их промышленной оценки.

Каждой частной пробе свойственна неповторимость замера содержания (эта особенность состоит в том, что проба является практически строго неповторимой в тех же условиях единичным замером 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, а в пробы поступает различный материал. Поэтому определение содержания полезных компонентов по ним представляет собой не двухкратное измерение одной и той же величины, а два самостоятельных измерения двух пространственно сопряженных, но различных по величине содержаний полезного компонента.

Наравне с прямыми материальными замерами, осуществлямыми на основе отбора и анализов проб, в практике разведки ряда полезных ископаемых применяются нематериальные замеры непосредственно в коренном залегании массива руды, основанные на ядерно-физических методах, не предусматривающих отбор материала в пробу. Такие нематериальные замеры, осуществляемые для определения содержания полезного компонента в природном (коренном) залегании руд, на золоторудных месторождениях являются еще весьма несовершенными, что не позволяет их использовать для промышленной оценки месторождений.

Отбор проб в пределах рудных тел должен осуществляться по определенной системе. Расположение в рудном теле проб без системы не позво-

ляет правильно определить величину среднего содержания золота в пределах опробованного объема недр. Поэтому места отбора проб должны быть расположены по правильной сети и охватывать равномерно все оцениваемое месторождение или отдельную его часть. Система проб характеризуется расположением отбираемых проб в пространстве, расстоянием между пробами, количеством проб, их ориентировкой и размерами. Для получения наиболее объективных данных опробования следует соблюдать равное расстояние между пробами и единую ориентировку всех проб в пределах опробуемого рудного массива.

Перед системой проб ставятся следующие задачи: установление размеров оцениваемых рудных массивов (рудных тел), выявление средних показателей качества руд (содержаний в них), оконтуривание промышленного оруденения при разведке рудных тел с нечеткими геологическими границами. Кроме того, по данным системы проб определяется внутреннее строение рудных тел как с четкими, так и с нечеткими геологическими границами, с целью чего в границах промышленного оруденения оконтуриваются участки пустых пород, некондиционных руд или руд различных технологических типов. Поэтому система проб позволяет не только установить содержание полезных компонентов в руде, но и выявить размер, форму и внутреннее строение рудных тел.

При разведке золоторудных месторождений различных морфологических типов применяют разные системы разведочных работ, целью которых является 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 скважин. Только однозначный уровень надежности проб при принятых способах их отбора на всех стадиях работ гарантирует получение данных, необходимых для качественной и количественной характеристики золотого оруденения разведуемого месторождения.

С учетом различия задач, стоящих перед единичной (частной) геологической пробой и системой проб, ниже приводятся определения понятий, составляющих теоретическую основу опробования — «надежность пробы» и «представительность опробования» [20].

Под «надежностью пробы» понимается соответствие содержания полезных компонентов, установленного анализом материала отобранный пробы, действительному их содержанию, свойственному руде в естественном (коренном) залегании в объеме данной пробы. Частная геологическая пробы позволяет осуществить единичное, локальное измерение изучаемого свойства (например, содержание полезных компонентов) в объеме руды или породы, определяемом размерами пробы (ее сечением, диаметром, длиной секции и т.д.) непосредственно в месте ее отбора. Содержание полезных компонентов в материале отобранный пробы практически всегда отличается от их содержания в коренном залегании руды в объеме этой пробы в связи с погрешностями, возникающими при отборе, обработке и

Первые применяются в качестве рядовых геологических проб для сплошного (сквозного) опробования руд и вмещающих пород в разведочных горных выработках и скважинах. Вторые используются как контрольные (эталонные) пробы при заверочных работах для оценки надежности рядовых геологических проб, отбираемых различными способами. Точечные пробы на золоторудных месторождениях для систематического опробования практически не применяются. Они могут использоваться при выборочном опробовании руд и вмещающих пород на ранней стадии изучения месторождений (поисковые и поисково-оценочные работы). Объемные и точечные пробы, помимо геологического опробования, нашли широкое применение при геологоразведочных работах для целей специального (определение объемной массы руд) и технологического опробования.

Отбор перечисленных видов проб может осуществляться различными способами. Под *способом отбора* проб понимается прием отбора материала в пробу (соответствующей формы и объема), принципиально отличающийся особенностью технологии и применяемыми технологическими средствами. Линейные пробы отбираются, в основном, бороздовым, керновым и шпуровым способами. Для отбора объемных проб используются валовый и задирковый способы. Отбор точечных проб производится штрафным и горстевым способами. Ведущим для отбора линейных проб в горных выработках является бороздовый способ. В настоящее время в подавляющем большинстве случаев опробование коренных месторождений золота ведется бороздовым способом. Он широко проверен практикой разведки золоторудных месторождений и большим объемом экспериментальных работ.

Практика разведочных работ на золоторудных месторождениях различных морфологических типов показывает возможность широкого применения и универсальность бороздового способа опробования при разведке месторождений с применением горных выработок. Этот способ опробования в большинстве случаев позволяет устанавливать качественную и количественную характеристику рудных тел, уточнять их морфологию, определять границы промышленных руд и выявлять другие важные особенности рудных тел месторождения.

Бороздовому способу свойственен ряд особенностей, который обеспечивает ему наиболее широкое применение по сравнению с другими способами отбора проб. Линейный характер и прямоугольное сечение борозды позволяет ориентировать ее так, чтобы пересекать рудные тела по линии наибольшей изменчивости оруденения. При этом способе имеется возможность применять секционный принцип отбора материала в пробу при сложном внутреннем строении рудного тела или при отсутствии четких геологических его границ. Борозда обеспечивает также, при тщательном соблюдении постоянного сечения пробы, возможность равномерного отбора равного по объему количества материала с каждого интервала опробования.

Однако этот способ имеет и ряд недостатков, основными из которых являются: возможность появления систематических погрешностей опробования за счет избирательного выкрашивания и попадания в пробу материала, обогащенного или обедненного полезным компонентом (золотом)

в процессе ее отбора; сложность сохранения строго постоянным сечения борозды; большая трудоемкость и низкая производительность труда при ручном отборе бороздовых проб.

При решении задач, связанных с повышением надежности проб, одно из центральных мест занимает вопрос улучшения качества отбора бороздовых проб при разведке. Под качеством бороздовых проб понимают соблюдение ряда технологических условий, среди которых важнейшими являются следующие: а) предварительное выравнивание и зачистка мест отбора геологических проб; б) сохранение постоянного сечения борозды, обеспечивающего равномерное и в одинаковом объеме поступление материала в интервале опробования; в) полный сбор материала отбираемой пробы.

Трудности выполнения этих условий в производственной обстановке вызываются тем, что до настоящего времени основным способом отбора бороздовых проб в процессе разведки все еще является весьма трудоемкий ручной отбор с применением зубила и молотка. Даже тогда, когда принимаются все меры для качественного отбора проб вручную, возникновение погрешностей, различных по своей величине и характеру, не удается полностью избежать в силу как объективных, так и субъективных причин.

К объективным причинам относится различие в физико-механических свойствах минералов и агрегатов руд опробуемого месторождения. Это приводит обычно к появлению систематических погрешностей при отборе бороздовых проб.

К субъективным причинам могут быть отнесены: несоблюдение сечения борозд по мере отбора, допускаемое каждым отдельным пробщиком; засорение материала пробы случайно вывалившимися кусочками руды или вмещающих пород; потери отбираемого материала за счет неизбежного его разлета и т.д. В большинстве своем причины субъективного порядка вызывают при опробовании погрешности случайного характера. С целью устранения влияния указанных причин на надежность проб создаются соответствующие механизмы для их отбора.

В настоящее время наиболее совершенными механизмами для отбора бороздовых проб, лишенными многих недостатков ручного и механического пробоотбора ударного действия, являются пробоотборники режущего типа конструкции ЦНИГРИ с пневматическим приводом (ИП 6401). Эти пробоотборники обеспечивают наиболее эффективный механизированный способ отбора бороздовых щелевых проб. При работе пробоотборника с помощью параллельно расположенных мелкоалмазных кругов вырезается и легко скальвается «щелевая» линейная пробы (ширина 2-3 см, глубина 4-5 см).

Щелевой способ значительно повышает уровень механизации и производительность труда при пробоотборе, обеспечивает ровные (гладкие) поверхности боковых стенок борозды (щели), сводит до минимума возможность избирательного выкрашивания материала и уменьшает влияние субъективных и объективных факторов на результаты опробования.

Некоторое распространение при разведке золоторудных месторождений имеет также задирковый способ отбора проб, применяемый при опробовании жил малой мощности в подземных горных выработках или сильно выветрелых выходов рудных тел при вскрытии их канавами и транше-

ями. Другие способы отбора проб (шпуровой, горстовой) в процессе разведки золоторудных месторождений имеют весьма ограниченное применение. Валовый способ в качестве основного способа отбора геологических проб при разведке золоторудных месторождений не используется. Это вызвано большой стоимостью и трудоемкостью взятия и обработки валовых проб.

Новые способы (экспрессные) опробования руд 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 (коренном) залегании руды в горных выработках и скважинах еще не совершенны, имеют невысокую точность и поэтому в практике опробования не применяются.

В том случае, если в рудах устанавливается тесная корреляционная связь золота с другими компонентами, содержание которых надежно устанавливается ядерно-физическими методами (медь, свинец и т.д.), существует возможность определения золота в коренном залегании руд косвенным путем. Для этого существующими ядерно-физическими методами определяется содержание этих элементов, а затем с помощью уравнений регрессий вычисляют содержание золота. Однако эти данные не используются при подсчете запасов, а являются лишь основой для характеристики наличия или отсутствия оруденения.

1.3. МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ В ГОРНЫХ ВЫРАБОТКАХ

Морфологический тип, мощность и сложность строения рудных тел, условия их залегания, пространственное положение и неравномерность распределения оруденения определяют систему разведки и плотность разведочной сети месторождений, выбор видов разведочных выработок и способов их расположения (табл.1). В большой зависимости от этого находятся расположение и ориентировка линейных (бороздовых) проб в горных выработках.

С учетом принятых систем разведки и типов разведочных горных выработок, подразделяющихся при разведке месторождений на две основные группы (прослеживающие и секущие), а также задач опробования отбор геологических проб в горных выработках осуществляется по забоям, по их стенкам и дну.

Рудные тела, вскрытые канавами, опробуют по дну и бортам (стенкам) последних. Перед отбором проб канавы должны быть углублены до вскрытия ненарушенных коренных пород. Рудные тела, вскрытые по простиранию траншеями, опробуются бороздами вкrest их простирания по дну траншей через равные интервалы (1-4 м) в зависимости от характера их внутреннего строения и распределения золота в рудах. В канавах, мелких шурфах, траншеях, помимо коренных выходов руд, должны быть опробованы продукты их выветривания.

В горизонтальных подземных выработках прослеживания (штреках), пройденных по маломощным рудным телам (жилам), вписывающимся в сечение горной выработки, отбор проб ведется по забоям (через 1-4 м) непосредственно в процессе проходки горных выработок, через соответст-

Таблица 1

**Группировка рудных тел коренных месторождений золота
применительно к разведке и опробованию**

Падение рудных тел	Форма рудных тел	Мощность	Группа месторождений по классификации ГКЗ СССР (по сложности внутреннего строения)		
			II группа	III группа	IV группа
Кругое	Линейно-вытянутые	Малая (до 3 м)	Жилы, жильные зоны	Жилы, жильные зоны	Жилы, жильные зоны
		Большая (более 3 м)	Жильные зоны, минерализованные зоны, жилообразные залежи, дайки	Жильные зоны, минерализованные зоны, жилообразные залежи, дайки	Жильные зоны, жилообразные залежи, дайки
		Большая	Линзовидные залежи	Линзовидные залежи	Линзовидные залежи
	Удлиненные, линзовидные	Малая	Жилы, пласто-образные и ленточные залежи	Жилы, пласто-образные и ленточные залежи	Жилы
		Большая	Минерализованные зоны, линзовидные залежи	Минерализованные зоны, линзовидные залежи	Линзовидные залежи
	Пологое или горизонтальное	*)	Штокверки, трубообразные тела, железные шпаты	Штокверки, трубообразные тела, железные шпаты	Штокверки, гнездообразные залежи сложной формы, трубообразные тела, железные шпаты
Неопределенное	Удлиненные, линзовидные, изометричные				

* Размеры рудных тел этой группы измеряются по длине, в вертикальном направлении или в направлении падения, но ни одно из этих направлений не входит в понятие мощность рудного тела.

вующее количество отпалок. «Шаг опробования» (расстояние между забойными пробами) обосновывается экспериментальными работами. При проходке этого вида горных выработок, вскрывающих мощные рудные тела, пробы отбираются по забоям выработок и в исключительных случаях по их стенкам, для уточнения границ рудного тела по простианию, выяснения характера распределения золота или выбора мест отбора технологических проб. Однако результаты опробования мощных рудных тел в выработках прослеживания, проводимого с указанными целями, в подсчете запасов не учитывают.

В секущих горизонтальных и вертикальных горных выработках (расечки, орты, квершлаги, шурфы, восстающие) пробы отбирают только по стенкам, ориентируя их таким образом, чтобы получить данные о содержании золота по всей мощности рудного тела в направлении максимальной изменчивости оруденения от лежачего до висячего бока, а также в его зальбандах с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без четких видимых геологических границ — во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами по разряженной сети выработок. В практике геологоразведочных работ при опробовании маломощных рудных тел пробы располагают нормально к мощности рудного тела, при опробовании мощных крутозалегающих рудных тел — горизонтально, а при опробовании пологозалегающих маломощных рудных тел — вертикально.

В подземных горизонтальных горных выработках, пересекающих всю мощность рудного тела (расечки, орты, квершлаги), отбор проб проводится непрерывно по двум стенкам.

Все пробы в горизонтальных горных выработках должны располагаться 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 опытным путем равные интервалы по его падению.

1.4. МЕТОДИКА ОТБОРА ПРОБ ИЗ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Скважины любого способа бурения в процессе геологоразведочных работ необходимо опробовать в пределах пересекаемых ими золотрудных тел и измененных вмещающих пород. При отсутствии у рудного тела четких геологических границ производится сквозное опробование всей скважины или в границах распространения тех пород, которые, возможно, вмещают золотое оруденение.

Скважины колонкового бурения (алмазного, твердосплавного, пневмоударного и т.д.) могут опробоваться по керну и шламу. Выход керна оценивается линейным способом как отношение длины керна к длине пробуренного интервала или весовым способом как отношение фактической массы поднятого керна к расчетной его массе в пределах пробуренного интервала. При линейном выходе керна по рудному интервалу выше 70% опробование может проводиться только по керну при отсутствии

избирательного истирания. Керновые пробы отбираются с учетом длины рейса и не могут составляться из керна 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 скважин, укладывается в подготовленные ящики и тщательно документируется и фотографируется в масштабе 1:5. На основе результатов документации керна определяют интервалы его опробования. С учетом внутреннего строения рудного тела, изменчивости вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических свойств руд, а также длины каждого рейса устанавливается длина секции рядовой пробы. Интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно.

Начальная масса проб, отбираемых из буровых скважин, в зависимости от диаметра рабочего инструмента, способа бурения и объемной массы пород указаны в табл. 2.

Таблица 2

Минимальная начальная масса проб (кг),
отбираемых с 1 м при бурении скважин (объемная масса руды 2,6)

Способ бурения	Наружной диаметр инструмента, мм	Характер материала	Минимальный выход массы материала, %	Доля материала, отбираемого в пробу	Минимальная масса пробы, кг
Колонковый Твердыми сплавами	76	Керн	70	0,5	2,0
Алмазами	76	"	70	0,5	2,0
	59	"	70	0,9	2,0
	46	"	90	0,9	1,5
	36	"	90	0,9	0,7
С эжектор- ным снарядом	130	Дробленый материал	70	Полностью	16,0
	110	То же	70	"	12,0
	91	"	70	"	7,0
	75	"	70	"	4,0

Для мощных рудных тел, характеризующихся сплошным вкрапленным или прожилково-вкрапленным золотым оруденением (типа минерализованных или прожилково-вкрапленных зон), могут быть приняты одинаковые интервалы (секции) керновых проб, равные 1-2 м и более. При наличии в рудных телах различных типов руд, существенно различающихся по своему строению, минеральному составу или содержанию золота, опробование скважин должно проводиться секционно в соответствии с мощностью пересекаемых типов руд (так же, как и в горных выработках).

Отдельно должны быть секционно опробованы вмещающие оруденелые породы со стороны висячего и лежачего боков рудных тел (зальбанд-

ды). Когда мощность рудных тел менее 0,5 м, длина интервала (секции) опробования по вмещающим слабоизмененным породам с обеих сторон рудных тел должна быть не менее мощности рудного тела.

При разведке золоторудных месторождений буровыми скважинами наиболее важными факторами представительного опробования помимо количества пересечений рудных тел является получение наибольшего выхода керна хорошей сохранности, устранение возможного 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 наиболее полный выход керна и его сохранность.

При наружном диаметре буровой коронки 76 мм и более в пробу отбирают половину керна, расколотого керноколом или разрезанного с помощью камнерезного станка по его длинной оси. При этом надежность опробования подтверждена данными раздельного опробования обеих половинок керна. Для разрезания керна с помощью алмазных отрезных кругов сконструированы специальные камнерезные станки (станок УКС-2 конструкции СГИ, станок конструкции А.А.Боровских, станок УКП-1 конструкции ЦНИГРИ и др.).

В том случае, когда бурение скважины производится буровыми коронками меньшего диаметра по рудам, которым присуще весьма неравномерное распределение золота, в пробу необходимо отбирать весь керн (за исключением небольшого образца, не превышающего 10 % объема керна). При выходе керна менее 70 % и при наличии его избирательного истирания опробуют как керн, так и шлам с одного и того же интервала опробования скважины. При этом шлам отбирают в самостоятельную пробу и отдельно определяют массу керна и шлама. Пробы керна и шлама обрабатываются и анализируются отдельно.

Подверженность керна избирательному истиранию, влияющему на надежность керновых проб, может быть выявлена следующими способами: прямой заверкой результатов опробования по скважинам горными выработками; сопоставлением содержания золота в различных по фракционному составу частях материала буровой пробы (по керну и шламу при высоком и низком выходе керна); сопоставлением содержания золота в разных по крупности фракциях пробы после экспериментального дробления, истирания и рассева; по наличию корреляционной связи между выходом керна и содержанием золота.

При избирательном истирании керна надежность геологических проб может оказаться неудовлетворительной при любом, даже высоком, выходе керна. Возможность использования результатов опробования скважин при выходе керна ниже 70 %, его избирательном истирании и трудностях точной привязки собранного шлама к определенному интервалу бурения (или невозможность вообще собрать шлам) необходимо доказывать специальными экспериментальными работами.

Для повышения выхода керна необходимо использовать различные технические средства. Ими могут быть снаряды с обратной призабойной промывкой (эжекторные, эрлифтные, безнасосного бурения), различные конструкции двойных и тройных колонковых труб, съемные керноприемники и т.п.

1.4.1. Технические средства для отбора керна

Технические средства для отбора керна представлены многочисленными конструкциями колонковых снарядов. В них используются различные схемы циркуляции промывочной жидкости и способы ее создания, а также средства для защиты керна от воздействия прямого потока промывочной жидкости и вибраций, возникающих при бурении. Колонковые снаряды различаются по способам заклинивания керна, по типам и внутренним диаметрам применяемого породоразрушающего инструмента [31].

В зависимости от направления потока промывочной жидкости в колонковой и керноприемной трубках технические средства для отбора керна подразделяются на четыре группы: для бурения с прямым, обратным, периодическим и переменным направлением потока.

В первую группу входят двойные колонковые снаряды (ДКС), которые по характеру работы внутренней (керноприемной) трубы подразделяются на снаряды вращающейся (ДКС-В) и невращающейся (ДКС-Н) в процессе бурения керноприемной трубкой. У ДКС-В внутренняя трубка связана с наружной переходником, к которому она подсоединяется с помощью резьбы. Колонковые снаряды этого типа предохраняют керн от непосредственного воздействия потока промывочной жидкости, но не предохраняют от ударов, возникающих при вибрации снаряда.

Для обеспечения лучшей защиты керна от ударов, возникающих при вибрации, применяют ДКС, внутренняя трубка которых связана с переходником с помощью подшипникового узла и не вращается в процессе бурения. Осевая нагрузка на забой передается наружной трубкой.

Из множества конструкций снарядов этого типа наибольшее распространение получили снаряды ТНД, разработанные ВИТР ВПО «Союзгеотехника». Разновидностью ДКС с невращающейся внутренней трубкой являются снаряды со съемными керноприемниками. Выпускаются комплексы технических средств для бурения скважин с применением съемных керноприемников диаметров 46, 59 и 76 мм (ССК-46, ССК-59, ССК-76, КССК-76). В состав комплексов входит съемный керноприемник, который можно извлекать из скважины через колонну бурильных труб без ее подъема. Колонковые снаряды комплексов снабжены сигнализаторами самозаклинивания керна. Эти особенности конструкции позволяют повысить выход керна и производительность бурения.

Снаряды со съемными керноприемниками, так же как и ДКС других типов, следует применять для отбора керновых проб при бурении рудных тел, не подверженных избирательному истиранию, а также со слабо выраженным избирательным истиранием, если при этом обеспечивается высокий выход керна. Снарядами со съемными керноприемниками наибольшего экономического эффекта можно добиться при бурении глубоких скважин в горных породах VI-IX категорий по буримости.

Одним из способов повышения выхода керна является бурение с обратным направлением потока промывочной жидкости в керноприемной трубе колонковых снарядов. При обратном направлении потока промывочной жидкости керн предохраняется от самозаклиниваний, сохраняется дробленая часть керна, улучшаются условия отбора шлама и привязки его к интервалам опробования, уменьшается вероятность засорения шламо-

вых проб шламом из других интервалов скважины, исключаются потери шлама в трещинах. Обратная циркуляция в колонковом снаряде создается с помощью различных средств и способов. Из технических средств, работающих с обратной циркуляцией потока в керноприемниках колонковых снарядов, наибольшее распространение получили эжекторные снаряды, характеризующиеся простотой устройства и эксплуатации.

Технические средства этой группы применяют для отбора керновых или керно-шламовых проб в сильноутрещиноватых, перемежающихся по твердости и прочности рудных телах, подверженных избирательному истиранию. Наибольшее распространение из средств, работающих с обратной периодической циркуляцией промывочной жидкости, имеют колонковые снаряды для безнасосного бурения с шаровым клапаном. Безнасосное бурение обеспечивает высокий выход керна и хорошую сохранность структуры керна в размываемых при обычном бурении породах, но применяется сравнительно редко из-за незначительных рейсовых проходок и трудностей, связанных с необходимостью расхаживания снаряда в процессе бурения.

Основным недостатком технических средств, работающих с обратным направлением потока промывочной жидкости, является то, что их применение не исключает возможности засорения проб материалом из слабоустойчивых интервалов скважины. Материал, обрушившийся на забой из этих интервалов, попадает в колонковую и шламовую трубу и засоряет пробу.

Для снижения вероятности засорения проб следует применять колонковые снаряды, предусматривающие прямую промывку скважин в начале рейса с переходом на обратную после очистки забоя от обрушившегося материала. Из известных конструкций колонковых снарядов, работающих с переменным направлением промывочного потока, наиболее простым по устройству и надежным в работе является снаряд конструкции СКБ ВПО «Союзгеотехника» типа ГРЭС. Снаряды этого типа позволяют получать наиболее надежные керновые или керно-шламовые пробы в наиболее сложных горно-геологических условиях.

1.4.2. Отбор шламовых и керно-шламовых проб

Результаты опробования скважин могут быть также улучшены путем использования шламового материала [31].

Отбор шламовых проб производится в тех случаях, когда опробование по керну не дает удовлетворительных результатов из-за низкого выхода керна или его избирательного истирания. При этом надежность шламовых проб зависит от полноты сбора шлама, точности привязки проб к интервалам опробования, вероятности засорения проб шлама с других интервалов бурения скважин.

На качество шламовых проб существенное влияние оказывают применяемые способы и схемы, а также технические средства отбора шлама, глубина скважины, характеристические параметры и скорость движения промывочной жидкости.

Отбор шлама может осуществляться при вращательном бурении кольцевым или сплошным забоем, при ударном или ударно-вращательном

бурении, а также при расширении стволов скважин. Шлам отбирается в скважине, на поверхности или в скважине и на поверхности. Для отбора шлама в скважине применяются шламовые трубы открытого или закрытого типа, включаемые в состав колонковых снарядов. После каждого рейса из шламоулавливающих труб извлекается их содержимое. Значительные трудности при этом представляет отнесение шлама к соответствующему интервалу опробования по скважине. Для отбора шлама на поверхности используются различные отстойные системы, а также гидроциклические (при бурении с промывкой) или пневмоциклические (при бурении с продувкой) шламоулавливатели.

Пробы шлама, отбираемые непосредственно в скважине, точнее привязаны к интервалам опробования, но при этом не улавливаются мелкие частицы. При отборе шлама на поверхности возможно более полное улавливание мелких частиц, но привязка проб к интервалам опробования затрудняется (особенно при большой глубине скважин) из-за несвоевременного поступления шлама на поверхность. При прямом направлении потока промывочной жидкости возможны значительные потери шлама в трещинах и кавернах. Обратная промывка обеспечивает более полное улавливание шлама и более точную привязку проб вследствие большой скорости транспортировки, а также меньшую вероятность засорения проб.

Отсутствие сильного поглощения промывочной жидкости в стволе скважины позволяет отбирать шлам на ее устье, что достаточно эффективно при оценке мощных золоторудных тел. В этом случае может быть применен шламоотборник ПВЦ-10 СНИГИИМС, улавливающий частицы шлама до 40 микрон (его улавливающая способность составляет свыше 90 %). Для жильных золоторудных месторождений, особенно маломощных, отбор шлама на устье скважины неэффективен, так как весьма сложно осуществлять точную привязку шлама к рудным интервалам.

Бурение с продувкой позволяет более точно привязывать шламовые пробы к интервалам опробования, а также упрощает организацию процесса их отбора. Схему отбора шлама следует выбирать исходя из конкретных геологических условий, в зависимости от глубины скважины, степени избирательного истирания руд и других факторов. Необходимая и достаточная для надежного опробования полнота сбора шлама должна подтверждаться экспериментальным опробованием.

В практике разведочного бурения на золоторудных месторождениях отбор шламовых проб широко осуществляется, преимущественно при бескерновом бурении шарошечными долотами с очисткой забоя сжатым воздухом. В ряде случаев опробование по шламу является единственной возможностью для получения надежных результатов при оценке содержания золота в рудах, подверженных интенсивному избирательному истиранию, о чем свидетельствуют результаты разведочного бурения на некоторых золоторудных месторождениях.

Опробование скважины бескернового бурения сплошным забоем (алмазные, шарошечные долота) производится по шламу и пыли, при бурении скважины с продувкой воздухом. В этом случае для сбора шлама и пыли применяются циклоны специальной конструкции. Для отбора шла-

мовых проб следует употреблять специальные шламоотборники-делители, позволяющие автоматически отсекать в пробу соответствующую часть шлама.

В процессе бурения скважины ударным и ударно-вращательным способами, которые крайне редко применяются, главным образом при разведке горизонтально залегающих рудных тел, разрушенная порода извлекается с помощью желонок или пробоотборников соответствующих конструкций. Весь материал, извлеченный с определенного интервала глубины скважины, собирается в отстойнике. После полного осаждения материала из отстойника осторожно удаляется вода, а остаток высушивается и поступает в пробу (для обезвоживания поднимаемого материала могут применяться гидроциклоны).

В ряде случаев, когда наблюдается избирательное истирание керна, наиболее надежными могут быть керно-шламовые пробы, значение которых еще более возрастает в связи с тенденцией уменьшения диаметров буровых скважин.

Керно-шламовые пробы отбираются при колонковом бурении эжекторными и некоторыми типами двойных колонковых снарядов, при ударно-вращательном бурении пневмоударниками РН-130 и РН-111.

1.5. ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ПРОСТРАНСТВЕННОЕ ПОЛОЖЕНИЕ И ОРИЕНТИРОВКУ ПРОБ, СПОСОБ ИХ ОТБОРА И ГЛАВНЕЙШИЕ ПАРАМЕТРЫ

Ведущая роль в определении пространственного положения и ориентировки проб, выборе способов их отбора и параметров на золоторудных месторождениях в стадию предварительной и детальной разведки принадлежит следующим основным факторам: 1) морфологическому типу рудных тел; 2) условиям залегания и мощности рудных тел; 3) наличию или отсутствию в рудных телаах четких геологических границ; 4) внутреннему строению рудных тел; 5) характеру распределения золотого оруденения; 6) физико-механическим свойствам руд и пород (табл.3).

Факторы, определяющие основные параметры системы
опробования и рядовых проб

Таблица 3

Геологические факторы	Параметры проб и системы опробования
Морфологический тип, мощность и условия залегания рудных тел, наличие или отсутствие четких геологических границ	Размещение и ориентировка проб, длина секции проб
Внутреннее строение рудных тел (текстурно-структурные особенности, вещественный состав руд и т.д.), характер распределения и степень изменчивости оруденения	Способ отбора, длина секции проб, расстояние между пробами (пересечениями) — «шаг опробования», поперечное сечение (масса) проб
Физико-механические свойства руд, форма и размер выделений золота (золотин) в рудах	Поперечное сечение (масса) пробы

Во всех случаях выбранная методика и способ отбора проб, а также их параметры должны обеспечивать оперативность пробоотбора, а главное надежность проб и представительность результатов опробования.

Приведенные выше факторы в целом определяют параметры как системы опробования, так и непосредственно самих рядовых проб. Поэтому исследование и выявление возможных связей между геологическими факторами и надежностью проб и соответственно представительностью опробования составляет наиболее важную и весьма актуальную задачу для геологов, ведущих разведку и опробование месторождений.

Морфологический тип рудных тел и условия их залегания, анизотропия распределения в них золота определяют, в основном, пространственное расположение и ориентировку проб. Большинству коренных месторождений золота свойственны вытянутость рудных тел, относительно крутые падения и хорошо выраженная анизотропия распределения золота, обусловленная наличием максимальной и минимальной изменчивости оруденения в определенных направлениях.

Обычно направление максимальной изменчивости оруденения совпадает с мощностью рудных тел вкрест их простирации. В связи с этим линейные (бороздовые и др.) пробы должны в принципе ориентироваться и пересекать рудное тело в направлении максимальной изменчивости свойств золотого оруденения от лежачего до висячего бока по нормали к последним. Однако строгое соблюдение этого требования значительно затрудняет пробоотбор. В практике разведочных работ на золоторудных месторождениях это требование соблюдается при опробовании (по забоям) жильных рудных тел, вписывающихся в сечение прослеживающих горных выработок. Кругопадающие и пологозалегающие рудные тела значительной мощности обычно опробуются по стенкам в секущих разведочных горных выработках горизонтально расположенными бороздами на всю их мощность.

Главными параметрами системы опробования в процессе геологоразведочных работ являются расстояние между пробами («шаг опробования») и оптимальное количество проб в пределах оцениваемого объема, длина интервалов (секций) линейных проб, поперечные их сечения.

Мощность рудных тел иногда непосредственно влияет на выбор способа отбора проб. Так, при разведке особо маломощных кварцевых жил (мощность до 10 см) наиболее рациональным является задирковый способ опробования. При бороздовом способе опробования рудных тел малой мощности (до 1 м) последняя определяет выбор поперечного сечения борозд, а также их рациональное количество и размещение в забое, а при более мощных рудных тела определяет возможность секционного опробования.

Распределение золота и попутных компонентов, связанное с особенностями локализации оруденения и внутреннего строения рудного тела, следует учитывать при выборе способа отбора и параметров проб (длины секции, сечения). При этом одни и те же факторы,ственные данному рудному телу и определяющие особенности распределения золота, оказывают различное влияние на надежность проб, отбираемых разными способами.

бами. Для одних способов они являются весьма неблагоприятными условиями, на других отражаются сравнительно слабо или практически не оказывают никакого влияния.

Крупность зерен полезного компонента (размер золотин) наравне со степенью неравномерности распределения оруденения является одним из факторов, определяющих как сечение (массу) пробы, так и способ отбора проб. Крупные и редкие скопления золотин обычно требуют применения бороздового (большого сечения) или задиркового способа отбора проб.

На золоторудных месторождениях опробование по горным выработкам осуществляется, как уже указывалось, преимущественно бороздовым способом, вручную, сечением 5x3, 10x3, 10x5 см.

При выборе поперечных сечений бороздовых проб необходимо учитывать физико-механические свойства рудных и жильных минералов,лагающих руды, текстурно-структурные особенности руд (определенные возможность возникновения избирательного обогащения материала проб), характер распределения золота и его крупность, 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 обеспечивает проведение необходимых (основных и контрольных) аналитических работ и оставление достаточных по массе дубликатов.

При ярко выраженных различиях в свойствах рудных и нерудных минералов, входящих в состав руд, в процессе опробования может возникнуть избирательное выкрашивание наиболее хрупких из них. Это приводит к возникновению систематических погрешностей опробования. В этих случаях при отборе линейных бороздовых проб (при ручном пробоотборе) реальными путями их уменьшения является увеличение сечения бороздовых проб или исключение самой возможности возникновения систематических погрешностей.

Увеличение сечения пробы, при прочих равных условиях, делает ее более надежной по выявлению содержания полезных компонентов в руде в границах (объеме) пробы за счет уменьшения возможности возникновения погрешностей при ее отборе, связанных с физико-механическими свойствами руд. С увеличением сечения пробы возрастание ее объема происходит непропорционально быстрее прироста площадей обнаженной поверхности пробы (борозды), с которым возможно возникновение избирательного выкрашивания рудных или безрудных минеральных агрегатов, вызывающего обычно систематические погрешности опробования. Это приводит к повышению надежности проб.

Исключение самой возможности возникновения избирательного выкрашивания в значительной мере может быть достигнуто применением технически наиболее совершенных средств отбора проб — пробоотборников конструкции ЦНИГРИ (ИП 6401), предназначенных для вырезания «щелевой» борозды.

Вопрос о выборе поперечного сечения проб при ручном отборе (при весьма неблагоприятных физико-механических свойствах руд и крайне

неравномерном распределении оруденения и крупном золоте) решается проведением экспериментальных работ на каждом конкретном месторождении. Следует, однако, учитывать, что значительное увеличение сечения борозды затрудняет оперативную оценку месторождения в связи с низкой производительностью ручного труда и значительной трудоемкостью отбора и обработки проб большого сечения.

Для механизированного, наиболее совершенного, «щелевого» способа отбора проб сечение не оказывает определяющего влияния на надежность проб, в связи с устранением объективных и субъективных факторов, вызывающих погрешности: неровная поверхность борозды сводится до минимума (менее 20 %), сохраняется постоянным сечение борозды, устраивается разлет материала и т.д.

Практика геологоразведочных работ, исследования и экспериментальные работы многих геологов [12], в том числе и работы ЦНИГРИ, проведенные на коренных месторождениях золота различных морфологических типов, подтверждают достаточную представительность опробования бороздами малых сечений. Результаты экспериментальных работ показали, что уменьшение сечения проб до 3x4, 5x3 см, как правило, не приводит к систематическим расхождениям по выборкам проб малого сечения при опробовании коренных месторождений золота (табл.4).

При относительно благоприятных физико-механических свойствах и текстурно-структурных особенностях руд, при тщательном контроле отбора бороздовых проб вручную или отборе «щелевых» проб механизированным способом, поперечное сечение проб не оказывает заметного влияния на их надежность. Это позволяет применять для линейных (бороздовых, «щелевых») проб минимальные сечения 5x3, 2x3, 3x4, 3x5 см.

Исследования также установили, что дисперсия содержания по пробам малых сечений на одних месторождениях сопоставима с дисперсией по пробам большого сечения и случайная погрешность в определении среднего содержания по пробам малого и большого сечения практически одинаковы. На других месторождениях расхождения в дисперсиях содержания по пробам малого и большого сечения весьма значимы, а случайные погрешности по пробам меньшего сечения выше.

Это в значительной мере связано с изменчивостью оруденения на каждом конкретном золоторудном месторождении, определяемой неравномерным природным распределением золота, различной крупностью его зерен, относительно низким содержанием металла в рудах и т.д. В связи с этим расхождения в результате ряда попарно сопряженных проб как одного, так и различного сечения связаны прежде всего с неустранимой разницей между истинными содержаниями компонентов в руде (в объемах этих проб), вызванной природной изменчивостью их содержаний 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 количества проб. По сумме 40-50 и более проб, обычно участвующих в подсчете запасов по блоку, суммарные случайные погрешности среднего содержания по пробам большого и малого объемов отличаются незначительно. Поэтому при массовом геологическом опробовании, особенно на месторождениях с относительно мощными

Таблица 4

Зависимость оценок содержания золота от сечения бороздовых проб
на месторождениях золота различных морфологических типов

Морфологический тип месторождений	Сечение бороздовых проб, см	Количество сопоставлений	Среднее содержание золота (условно)	Коэффициент вариации содержания, %	Критерий Фишера	F (значимость $q = 0,1$)
Штокверки:						
1 Стержневые жилы	30×15 10×5 5×3	40 40 40	132 114 137	67 57 46	1,69 ^x 1,84 2,0	1,99 ^x 0,60 0,28
2 Прожилковый тип оруднения (примущественно согласное прожилкование)	30×15 10×5 5×3	56 56 56	15 16 14	55 94 75	1,55 ^x 2,41 1,63	1,98 ^x 0,45 0,56
3 Прожилковый тип оруднения (штокверковое прожилкование, разнородное)	30×15 10×5 5×3	92 92 92	34 28 36	66 92 76	1,40 ^x 1,93 1,24	1,99 ^x 1,67 0,53
Минерализованная зона	9×4 3×4	42 42	38 37	63 115	1,68 ^x 2,0	1,99 ^x 0,53
Жилы	10×5 3×5 20×5 10×5 3×5	22 22 35 35 35	40 45 284 253 273	81 102 160 240 211	2,09 ^x 1,34 ^x 1,75 ^x 1,50 1,33 ^x	2,02 ^x 0,45 ^x 1,98 ^x 0,16 ^x 0,22 ^x
Залежи	9×5 3×5	53 53	32 31	193 210	1,60 1,12	1,98 ^x 0,24

Примечание x — табличные значения статистических критерия

рудными телами, случайная ошибка опробования за счет уменьшения сечения (объема) проб практически не оказывает влияния на точность подсчета запасов как по месторождению в целом, так и по отдельным его блокам.

В то же время на месторождениях, характеризующихся особо высокой изменчивостью оруденения, небольшой мощностью и протяженностью рудных тел (сложные жильные месторождения) с очень крупным золотом, необходимо более осторожно подходить к вопросу о применении проб малого сечения. В этих случаях следует в начальный период предварительной разведки практиковать проведение экспериментальных работ (заверка проб малого сечения большеобъемными эталонными пробами) с целью оценки влияния результатов опробования пробами разного сечения на суммарную погрешность вывода среднего содержания по сечению, блоку, месторождению. Это позволяет определить оптимальные параметры пробоотбора (сечение борозд, их количество) или решать вопрос о выборе другого способа отбора проб.

1.6. ГРУППИРОВКА ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПРИМЕНЕНИТЕЛЬНО К ЗАДАЧАМ ОПРОБОВАНИЯ

Методика опробования золоторудных месторождений тесно связана с плотностью, размещением и ориентировкой основных разведочных пересечений — горных выработок и скважин (плотностью разведочной сети), определяемых рядом факторов, основными из которых являются: морфология, условия залегания и внутреннее строение рудных тел, а также степень изменчивости оруденения и наличие или отсутствие четких геологических границ. При этом система разведки, применяемые виды разведочных выработок, их расположение, плотность разведочной сети, а следовательно, методика и плотность опробования во многом зависят от особенностей и сложности строения каждого в отдельности месторождения, представленного рудными телами соответствующего морфологического типа. Многообразие форм и характера сложности строения рудных тел месторождений золота, существующее в природе, не позволяет рассмотреть в данной работе все возможные варианты методики их опробования. Поэтому ниже приводятся только обобщенные методики опробования основных групп месторождений золота.

Исходя из общих задач опробования, сформулированных в первой главе, а также представлений, что золоторудные месторождения являются геологическими телами, характеризующимися соответственной морфологией, размерами, условиями залегания, особенностями внутреннего строения, степенью изменчивости содержания золота и характером его концентрации, золоторудные месторождения применительно к задачам опробования могут быть подразделены на две основные группы.

При этом ведущая роль в отнесении месторождений к той или иной группе принадлежит фактору, определяющему принципиальное различие в методике опробования месторождений, а именно, наличию или отсутствию у рудных тел четких геологических границ. Обычно выделяются месторождения с рудными телами, имеющими и не имеющими четкие геологические границы.

В первом случае вмещающие рудные тела породы, как правило, не содержат золото в промышленных концентрациях и опробование рудных тел и оконтуривание промышленного оруденения при подсчете запасов осуществляется в пределах природных геологических границ, выявляемых на основе геологической документации, проводимой в процессе разведки месторождения. Во втором случае рудные тела не имеют четких геологических границ и представляют собой в различной степени орудненные вмещающие породы, интенсивность оруденения в которых обычно постепенно убывает от центра к периферии. Оконтуривание рудных тел и выявление промышленных руд в их пределах проводится только по результатам геологического опробования.

Ниже приведена характеристика двух основных групп коренных месторождений золота, методики опробования которых значительно отличаются.

1.6.1. Месторождения с рудными телами, имеющими четкие геологические границы

К первой группе золоторудных месторождений относятся наиболее многочисленные жильные месторождения, а среди них месторождения золото-кварцевой формации во флишоидных толщах с незначительным содержанием сульфидов. Это в основном мелкие и средние по масштабам месторождения, представленные свитами разобщенных маломощных рудных тел протяженностью в несколько сот метров. Жилы обычно приурочены к согласным с простирацией вмещающих осадочных пород системам трещин. Руды этих месторождений по содержанию золота относятся, как правило, к богатым или очень богатым.

Жильные месторождения в интрузивных массивах относятся обычно к золото-кварц-сульфидной и к золото-кварцевой формациям. Основными сульфидами в рудах являются пирит, арсенопирит, халькопирит. Меньшее значение имеют галенит, сфалерит, блеклые руды и другие сульфиды, а также сульфосоли. Характерная особенность этих месторождений — значительные размеры жил по простирации (до 2-3 км) и падению (до 1,5 км), при незначительной мощности (от первых сантиметров до первых метров). В зависимости от протяженности и общего количества жил размеры месторождений варьируют в широких пределах — от мелких до крупных. Они характеризуются рядовыми, богатыми и очень богатыми по содержанию рудами.

Промышленную значимость имеют и месторождения с жилами золото-халцедоново-кварцевой формации. Эти месторождения развиты среди вулканогенных образований и относятся к близповерхностному типу. Руды обычно сложены халцедоновидными колломорфными разновидностями кремнезема, адуляром, карбонатами (кальцитом, анкеритом, родохрозитом). Рудные минералы представлены незначительным количеством сульфидов, сульфосолей, теллуридов и селенидов.

Рудные тела этих месторождений достигают значительных размеров по простирации при относительно меньшей протяженности по падению. Мощность рудных тел варьирует в широких пределах — от первых десятков сантиметров до первых метров. Сложная морфология и большие мощ-

ности (до 3-5 м и более) некоторых рудных тел жильных близповерхностных месторождений позволяют относить их к жильным зонам и даже к залежам прожилково-вкрашенных руд. Эти месторождения характеризуются богатыми и очень богатыми по содержанию полезных компонентов рудами и различными размерами от мелких до крупных.

Значительно меньшее значение имеют жилы, локализующиеся в карбонатных породах, принадлежащие в основном к золото-сульфидной формации, в состав рудных минералов которых входит пирит, галенит, халькопирит, золото, нерудных — кварц, анкерит, адуляр и др. Жилы обычно маломощные, различной протяженности как по простиранию, так и по падению. Месторождения отличаются средними размерами, но богатыми рудами.

В большинстве случаев для жильных месторождений характерны относительно выдержанная морфология и незначительная мощность рудных тел, неравномерное или крайне неравномерное распределение и повышенное содержание золота. Распределение полезных компонентов в плоскости жил носит часто столбовой характер, обусловленный целым рядом различных причин. Обычно рудные столбы имеют вертикальную или близкую к ней ориентировку. Реже встречаются пологое или почти горизонтальное расположение столбов. Обычно в каждой жиле наблюдается от одного до нескольких обогащенных столбов, разделенных более бедными по содержанию золота рудами. Для рудных тел жильных месторождений характерно также бонанцевое (гнездовое) распределение золота в рудах.

Этим месторождениям свойственно, как правило, наличие четких природных геологических границ рудных тел, что обуславливает возможность проведения опробования, а в дальнейшем и подсчет запасов в пределах границ рудного тела, устанавливаемых на основе геологической документации.

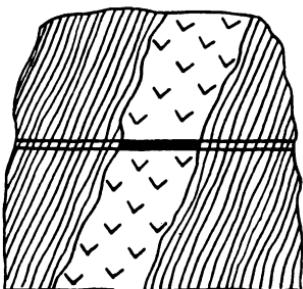
Осложняющим обстоятельством при разведке и опробовании рудных тел жильных месторождений является существование в них рудных столбов и обогащенных гнезд, незакономерно проявляющееся наличие или отсутствие оруденения с промышленной концентрацией золота во вмещающих породах (в залывандах рудных тел), а также в их ответвлениях и апофизах, что вызывает необходимость в ряде случаев осуществлять опробование за пределами геологических границ рудного тела.

Жильные месторождения обычно различаются количеством жильных тел, их взаимным расположением, размерами, условиями залегания, сложностью строения и распределением оруденения [24]. Они могут быть представлены:

1) одной протяженной или несколькими разобщенными кулисообразно-залегающими жилами;

2) одной или несколькими основными жилами большой протяженности и сопряженными с ними небольшими по протяженности жилами (апофизами, иногда наиболее обогащенными золотом).

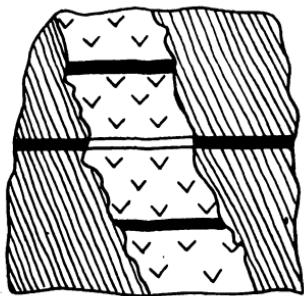
По своим размерам жилы могут быть подразделены на четыре основные группы: весьма крупные (протяженные) — длиной более 1000 м, крупные от 300 до 1000 м, средние — 100-300 м, небольшие (короткие) — менее 100 м. Так же весьма различна и мощность жил. Она колеблется от



- 1
- 2
- 3

Рис. 1. Опробование жильных тел с четкими геологическими границами в забое прослеживающей горной выработки:

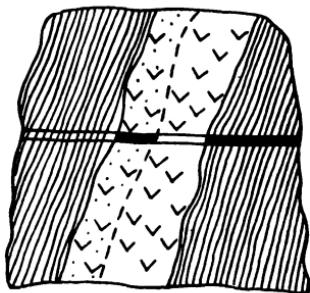
1 — кварцевая жила; 2 — вмещающие породы; 3 — бороздовые пробы



- 1
- 2
- 3

Рис. 2. Опробование золотоносной жилы (в забое) при высокой степени изменчивости содержания золота по падению:

1 — кварцевая жила; 2 — вмещающие породы; 3 — бороздовая проба



- 1
- 2
- 3
- 4

Рис. 3. Послойное (секционное) опробование золотоносной жилы в забое:

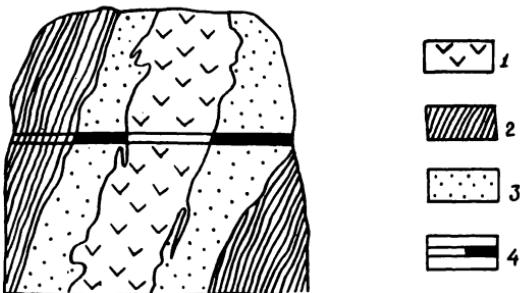
1 — ядро кварцевой жилы; 2 — обогащенная часть кварцевой жилы; 3 — вмещающие породы; 4 — бороздовые пробы

первых сантиметров до нескольких (3-4) метров. В отдельных раздувах мощность жил может достигать первых десятков (10-20) метров. Для рудных тел жильных месторождений характерно преимущественно крутое падение, хотя в ряде случаев имеет место пологое или горизонтальное залегание рудных тел. Кроме того, рудные тела жильных месторождений могут характеризоваться неравномерным ($\nu < 100\%$), весьма неравномерным ($\nu = 100-200\%$) и крайне неравномерным ($\nu > 200\%$) распределением оруденения.

Рудные тела этой группы месторождений (с четкими геологическими границами) при мощности до 1 м (вписывающиеся в сечение прослеживающей горной выработки) опробуются в забоях от висячего до лежачего бока по линии наибольшей изменчивости оруденения путем отбора сквозных линейных бороздовых проб, длина которых определяется мощностью рудного тела (рис.1). В том случае, когда наблюдается высокая изменчивость содержания золота в жиле по падению, отбор бороздовых проб в забоях может осуществляться по двум-трем линиям (рис.2). Жилы малой мощности (до 0,2 м) опробуются обычно задирковым способом в забоях прослеживающих выработок. Если мощность рудных тел превышает 1 м и их внутреннее строение является сложным или проявляется необходи-

Рис. 4. Секционное опробование в забое золотоносной жилы и призальбандовых частей вмещающих пород:

1 — кварцевая жила; 2 — вмещающие породы; 3 — золотоносные вмещающие породы; 4 — бороздовые пробы



мость выделять отдельно в границах рудных тел прослои более богатых руд или разного вещественного состава, то применяется секционный принцип опробования. При этом длина секций проб определяется прослойями руд, литологическими разностями пород и т.д. Это делается с целью выявления содержания компонента в отдельных прослоях жил (рис.3).

В случае опробования маломощных рудных тел по их простирианию в горных выработках прослеживания иногда возникает необходимость включения призальбандовых участков рудных тел, характеризующихся повышенным содержанием золота, в контур промышленных руд. В указанных случаях следует также определить длину отдельных секций (интервалов) сквозных проб, подлежащих раздельному анализу (рис.4).

Для представительной качественной и количественной характеристики отдельных рудных тел этой группы месторождений, вскрытых и прослеженных выработками, пройденными по простирианию последних, ведущее значение имеет определение минимально необходимого количества сквозных проб (сечений) или расстояния между ними. Установление количества проб необходимо для получения представительных данных опробования, характеризующих распределение оруденения и среднее содержание золота в рудном теле, должно осуществляться уже в начальный период разведочных работ.

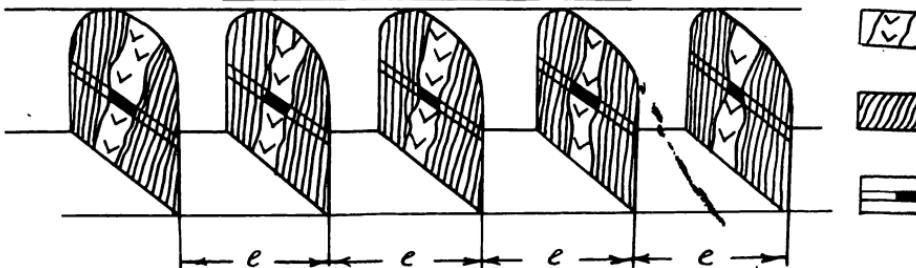
Минимально необходимое количество проб может быть установлено путем аналогии, по опыту разведки сходных месторождений, а также на основе экспериментальных работ или методами математического анализа результатов опробования наиболее типичных участков разведываемых месторождений. Минимально необходимое количество проб во многом зависит от сложности геологического строения месторождения, а также от изменчивости оруденения и характера концентрации золота в рудном теле.

Существует целый ряд методик аналитического расчета минимально необходимого количества проб в ограниченном объеме недр или оптимального расстояния между пробами (сечениями) — «шага опробования» (рис.5). Подавляющее большинство из них основано на применении формул математической статистики, использующих законы распределения случайных величин.

Примерный расчет минимально необходимого количества проб для ограниченного объема недр (участка или блока рудного тела) может быть произведен методами математической статистики с вероятностью, гарантирующей представительную оценку определения среднего содержания с

штрек

ОПРОБОВАНИЕ В ЗАБОЯХ



e — расстояние между забоями „шаг опробования“

Рис. 5. Размещение забойных проб в прослеживающей горной выработке:
1 — кварцевая жила; 2 — вмещающие породы; 3 — бороздовые пробы

заданной погрешностью, при условии независимого, случайного характера проб и равномерного их распределения в пределах оцениваемого объема по формуле:

$$n = \left(\frac{t \cdot V}{P} \right)^2 , \quad (1)$$

где n — количество проб, обеспечивающее погрешность оценки среднего содержания не более P при доверительной вероятности, определяемой коэффициентом t ;

V — коэффициент вариации.

Следует, однако, отметить, что аналитические приемы расчета минимально необходимого количества проб (табл.5) вследствие природной и менчивости оруденения и особенностей распределения золота в рудах в еще несовершенны.

В табл.5 приводятся оптимальные количества проб в зависимости от неравномерности распределения оруденения и величины погрешности определения среднего содержания золота с вероятностью 0,68.

Таблица
Количество проб в рудном теле или подсчетном блоке, обеспечивающее определение среднего содержания золота с допустимой погрешностью

Коэффициент вариации содержаний, %	Минимально необходимое количество проб при погрешности определения среднего содержания, равной (%)			
	±10	±15	±25	±40

Для целей определения наиболее рационального расстояния между пробами может быть использован способ разрежения. Его применение требует создания заведомо более плотной, чем применяющейся при разведке месторождения данного типа сети опробования (сечений), что возможно только при проведении экспериментального опробования на отдельных его участках. В этом случае среднее содержание полезного компонента (золота), установленное по всем отобранным пробам (при максимальной плотности сети опробования), принимается за эталон, с которым в последующем сравниваются средние содержания, рассчитанные по результатам разреженной в несколько раз сети проб (в 2, 3, 4 раза).

Размер участка, на котором создается экспериментальная (предельно допустимая) плотность сети проб, может быть различным, однако во всех случаях количество проб, отобранных в его пределах должно обеспечивать (даже в последних вариантах разрежения при наименьшей плотности сети) наличие 20-30 проб для определения среднего содержания в данном участке рудного тела.

Погрешность в определении средних содержаний золота, рассчитанных при каждом варианте разрежения плотности сети проб, по сравнению с эталоном, устанавливается по обычным формулам математической статистики. На основе результатов вычислений строят графики зависимости установленных погрешностей определения среднего содержания от расстояния между сквозными пробами при различных вариантах разрежения плотности сети. С учетом допустимого отклонения, равного 5-10 % и отклонения средних содержаний золота, выявленного при соответствующей плотности сети от эталонного среднего его содержания, установленного при максимальной плотности сети проб, выбирают наиболее рациональное расстояние между пробами (сечениями) — «шаг опробования», которое принимают затем при разведке месторождения.

Помимо указанного метода могут быть использованы метод корреляционной функции, выявляющей роль закономерной и случайной составляющей наблюдаемого параметра (мощности, содержания, метрограмма) и интервал их проявления, метод последовательных сглаживаний и т.д.

Для определения оптимального расстояния между пробами следует рассматривать лишь те пробы, каждая из которых образует полное пересечение рудного тела от висячего до лежачего бока (т.е. сквозные пробы). В этом случае нельзя делать различие между сквозными пробами, состоящими из нескольких секций, и не разделенными на отдельные секции. Те и другие линейные сквозные пробы являются равноценными при определении среднего содержания золота в рудных телах или отдельных его участках. По сквозной пробе, разделенной на секции, среднее содержание определяется по данным всех ее секций, расположенных внутри контуров рудного тела.

При выборе минимально необходимого расстояния между пробами (количество проб) в пределах рудного тела этой группы месторождений надо различать маломощные рудные тела, вскрываемые при разведке прослеживающими горными выработками, и относительно мощные рудные тела, вскрываемые секущими выработками.

В том случае, когда простые по своему 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 (влияющими на надежность проб и представительность опробования), которые необходимо определить, являются их рациональное сечение и оптимальное количество проб на подсчетный участок (блок) рудного тела. Это объясняется тем, что оконтуривание рудного тела и определение его мощности в этом случае осуществляется на основе геологической документации. В связи с этим длина отбираемых в забоях бороздовых проб обычно равняется мощности рудного тела.

Количество проб, которое необходимо отобрать в оцениваемом рудном теле или его участке (блоке) при простом его внутреннем строении, зависит от неравномерности распределения содержания золота и необходимой представительности определения его среднего содержания, по данным опробования (системы проб). В этом случае расстояние между пробами («шаг опробования») определяется количеством проб, размещенных в пределах оцениваемого рудного тела (отдельного его участка, блока) в продольной плоскости, и зависит от размера блока или от длины разведочных выработок. Ориентировочные расстояния между пробами приведены в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

Ориентировочная величина расстояний между забойными пробами в выработках прослеживания (из практики геологоразведочных работ)

Характер распределения золота	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

В том случае, когда маломощные рудные тела (жилы), вписывающиеся в сечение прослеживающих их горных выработок, имеют четкие геологические границы и сложное внутреннее строение (наличие изолированных рудных столбов и обособленных обогащенных участков), расстояние между пробами определяется морфологическими особенностями и размерами рудных столбов и безрудных участков, а также характером (частотой) их чередования в продольной плоскости разведуемых рудных тел по падению и простирианию.

При разведке относительно мощных, линейно-вытянутых рудных тел с четкими геологическими границами, осуществляющей секущими выработками (рассечками, пройденными из рудного штрека), расстояние между линейными (сквозными) пробами и их количество определяются плотностью разведочной сети, принятой с учетом морфологического типа месторождения, группы сложности его строения (по классификации запасов ГКЗ СССР и стадии разведки [10]).

К этой же группе могут быть отнесены месторождения типа залежей различной формы, сложенных массивными или вкрапленными рудами (линзовидные, пластовидные, жилообразные линзы и т.п.), встречающи-

еся наиболее часто в вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах. Многие месторождения этой группы являются комплексными по составу полезных компонентов и относятся к медно-колчедановой или полиметаллической формациям. Залежи имеют различный минеральный состав. Среди них можно выделить залежи пирит-халькопиритовые, пирит-пирротиновые, полиметаллические, магнетитовые и др., а также залежи, представленные роговиками, вторичными кварцитами, кварцево-марганцевистыми и другими породами с прожилково-вкрашенным типом золотого оруденения.

Для первичных руд колчеданных залежей характерно низкое содержание золота и только при наложении более поздних золото-полиметаллических ассоциаций они приобретают промышленное значение как золоторудные месторождения. Месторождения этого типа относятся в основном к средним по масштабам, хотя некоторые из них достигают крупных размеров, руды в основном бедные и средние, реже богатые по содержанию золота.

Относимые к этой группе залежи трубообразной, гнездообразной и неправильных форм имеют ограниченное значение среди промышленных месторождений золота. Руды этих месторождений относятся к золото-баритовой, золото-скарновой, золото-сульфидно-карбонатной и золото-сульфидной формациям. Такие месторождения встречаются в различных породах, но наиболее часто они наблюдаются в известняках и палеовулканитах. По масштабам это мелкие и средние месторождения, в основном с богатыми рудами и очень неравномерным распределением золота в них. Характерными особенностями этих месторождений являются незначительные размеры рудных тел и очень сложная их форма, что требует большого объема подземных горных выработок для правильного их опробования и оценки.

Месторождения с рудными телами типа метасоматических залежей очень часто характеризуются пологим падением и согласным с ним полосчатым либо псевдослоистым внутренним строением, связанным с унаследованием текстурно-структурных особенностей первичных пород. При опробовании этих месторождений в первую очередь должен быть решен вопрос об ориентировке бороздовых проб в горных выработках. В вертикальных выработках, пересекающих пологозалегающую залежь по направлению, близкому к ее истинной мощности, опробование осуществляется вертикально ориентированными линейными пробами.

Маломощные пологозалегающие залежи и жилы при вскрытии их горизонтальными разведочными горными выработками на всю мощность могут быть успешно опробованы в забое или по стенкам выработок вертикальными бороздами. При этом расстояние между пробами («шаг опробования») определяется так же, как и при опробовании жильных рудных тел, вписывающихся в сечение разведочной выработки. В случае вскрытия горизонтальными секущими выработками мощных рудных тел этого типа, вопрос об ориентировке борозд решается путем проведения экспериментальных работ. При отчетливо слоистом внутреннем строении рудного тела и вскрытии выработкой лежачего и висячего его контактов можно использовать ступенчатое (послойное) расположение бороздовых проб.

Следует, однако, отметить, что при разведке месторождений, характеризующихся пологим залеганием рудных тел (залежей), опробование в подавляющем большинстве случаев осуществляется в вертикальных горных выработках (вертикальные стволы шахт, восстающие, шурфы) или по скважинам. Опробование горизонтальных горных выработок на таких месторождениях в основном играет вспомогательную роль с целью заверки данных опробования скважин.

В случае опробования в горных выработках и скважинах мощных крутопадающих рудных тел (до 10 м) с четкими геологическими границами, характеризующихся однородным внутренним строением, применяются равнointервальные линейные пробы, длина секции которых меняется в пределах от 1 до 2 м. В секущих горных выработках опробование производится по стенкам выработок, вскрывающих рудное тело, на всю мощность с выходом за пределы его границ. Опробование зальбандов этих рудных тел осуществляется пробами, длина секций которых не должна превышать 0,5-1,0 м.

Самостоятельным морфологическим типом рудных тел, отнесенных к этой группе месторождений, являются оруденелые дайки гранитоидов кислого и среднего состава. Дайки представляют собой жилообразные протяженные тела с четко выраженным геологическим границами. Оруденение в дайках представлено системой лестничных жил кварцево-сульфидного состава, ориентированных поперек их простирания, локализующихся только в пределах самой дайки и выклинивающихся на контактах дайки с вмещающими породами. Золото в основном концентрируется в кварцево-сульфидных жилах и прожилках, обусловливая в целом невысокое его содержание в дайках, рассматриваемых как рудные тела (при достаточно высоком содержании золота в самих жилах). Зальбанды кварцевых жил и прожилков характеризуются интенсивным гидротермальным изменением вмещающих их гранитоидов и наличием сульфидной вкрапленности, несущей золото. Мощность измененных пород часто находится в прямой зависимости от мощности золотоносных жил.

Опробование таких месторождений осуществляется в горных выработках прослеживания, пройденных по дайкам в направлении их простирания, по забоям. При этом возможны различные варианты отбора проб в зависимости от способа отработки рудных тел. В случае селективной отработки непосредственно кварцевых жил они опробуются бороздами отдельно от измененных вмещающих пород.

В случае отработки в целом оруденелых даек в качестве единого рудного тела ведется сквозное опробование даек на всю мощность без разделения на кварцевые жилы и вмещающие их гранитоиды.

1.6.2. Месторождения с рудными телами без четких геологических границ

Ко второй группе отнесены золоторудные месторождения типа жильных и минерализованных зон и штокверки.

Жильные зоны обычно встречаются во флишоидных толщах, в вулканитах и реже в интрузивах и конгломератах, приурочены к крупным тектоническим нарушениям и представляют собой серию сближенных

жил, прожилков и уплощенных линз, разделенных вмещающими породами, обычно не содержащими золота или содержащими его в незначительных количествах. Руды этих месторождений относятся к золото-кварцевой формации, характеризующейся незначительным содержанием сульфидов, из которых основными являются: пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и реже сульфосоли. Значительная мощность (до 10-15 м и более) и большая протяженность жильных зон обуславливает, в основном, средние и крупные по размерам запасов месторождения с различными по содержанию золота рудами (от бедных до богатых). Месторождения этого типа во флишоидных толщах нередко относятся к уникальным по запасам.

В последнее время все большее значение приобретают месторождения типа минерализованных зон среди гидротермально-измененных терригенных и вулкано-осадочных пород. Эти месторождения представляют собой участки тектонически ослабленных пород с многочисленными маломощными и непротяженными жилами или прожилками, вмещающие породы между которыми прокварцовены и импренированы сульфидами. Руды месторождений относятся к золото-кварц-сульфидной и золото-кварцевой формациям. В минерализованных зонах встречаются отдельные жилы значительной мощности и протяженности, но они, как правило, не определяют промышленной ценности месторождения. В большинстве случаев минерализованные зоны представлены прожилково-вкрашенными или вкрашенными рудами.

В целом, минерализованные зоны обычно характеризуются относительно сложным внутренним строением при более простой морфологии и более равномерном распределении золота, хотя и на этих месторождениях наблюдается слабо выраженное столбовое и гнездовое распределение оруденения. В отличие от жильных, минерализованные зоны в большинстве случаев характеризуются с одной стороны более однородным внутренним строением, а с другой более расплывчатым (постепенным) переходом промышленного оруденения во вмещающие породы и относительно равномерным распределением золота при низких его концентрациях.

Штокверковые месторождения представлены двумя морфологическими видами, различающимися своим внутренним строением.

Штокверки первого вида (жильные штокверки) характеризуются наличием большого количества весьма не выдержаных по форме, разноориентированных жил небольшой мощности (до 15-20 см) и протяженности. Часто эти жилы переходят в гнездообразные тела очень сложной морфологии. В междужильном пространстве обычно имеют развитие тонкое прожилкование и вкрашенность сульфидов.

В ряде случаев характерной особенностью этих штокверков является наличие крупных по мощности и протяженности, сложных по морфологии жил, приуроченных к зонам разломов, секущих штокверки. Обычно эти жилы характеризуются значительно более высоким содержание золота, чем в системе жил, составляющих штокверки. Штокверки этого вида локализуются главным образом в метаморфизованных песчано-сланцевых толщах или кристаллических сланцах и реже — в гранитоидах.

Ко второму виду этого типа месторождения принадлежат тонкопрожилковые штокверки, характеризующиеся наличием мелких разноориентированных прожилков различного состава и относительно равномерным распределением оруденения. Эти штокверки локализуются в рассланцованных и метаморфизованных вулканогенно-осадочных толщах.

Для всех штокверковых месторождений обычно характерна золото-кварцевая формация руд. Они имеют, как правило, большие размеры по площади и на глубину, в связи с чем, несмотря на наличие бедных по содержанию руд, они по своим масштабам относятся к крупным и уникальным месторождениям.

В целом для месторождений второй группы свойственен обычно мало-сульфидный тип руд. Содержание сульфидов (пирита, арсенопирита и др.) в них не более 2-5 %. Золото в рудах обычно концентрируется непосредственно в маломощных кварцевых жилах, кварцево-сульфидных и сульфидных прожилках, приуроченных к элементам сланцеватости вмещающих оруденение пород и к секущим трещинам, или в сульфидах, вкрапленность которых отмечается в пределах этих месторождений. Различная концентрация жил, прожилков и сульфидов определяет интенсивность золотого оруденения.

По степени сложности внутреннего строения рудных тел месторождения этой группы могут быть: 1) простыми по морфологии и внутреннему строению с относительно равномерным содержанием полезного компонента; 2) сложными (или простыми) по морфологии, но в обоих случаях со сложным внутренним строением и весьма неравномерным распределением полезного компонента. Различная степень сложности строения рудных тел требует во многих случаях соответственного дифференцированного подхода к методике разведки и опробования этих месторождений.

В целом сложность внутреннего строения рудных тел этих месторождений выражается в том, что в них при общем низком среднем содержании золота на всю горную массу, выделяются участки с более богатым промышленным содержанием, контуры которых часто не прослеживаются в соседних разведочных сечениях (разрезах).

Методика опробования месторождений типа жильных и минерализованных зон близка. Это связано с тем, что месторождения этого типа обычно представлены линейно вытянутыми, часто крутопадающими телами значительной мощности (от 5-10 до 50 и более метров). Кроме того, характерными особенностями месторождений с рудными телами типа жильных и минерализованных зон являются относительно выдержанная мощность и прямолинейность при весьма сложном внутреннем строении, что обычно определяет плотность сети разведки и опробования, а также выбор направления секущих разведочных выработок, по которым осуществляется опробование.

Обычно эти месторождения разведаются с помощью горных выработок и скважин, секущих рудное тело на полную мощность и отстоящих друг от друга, как правило, на довольно значительных расстояниях (до 60 и более метров). Опробование секущих горных выработок (рассечек, ортов) и скважин ведется в этом случае линейными секционными пробами. Жильные и минерализованные зоны обычно опробуются равносекционными

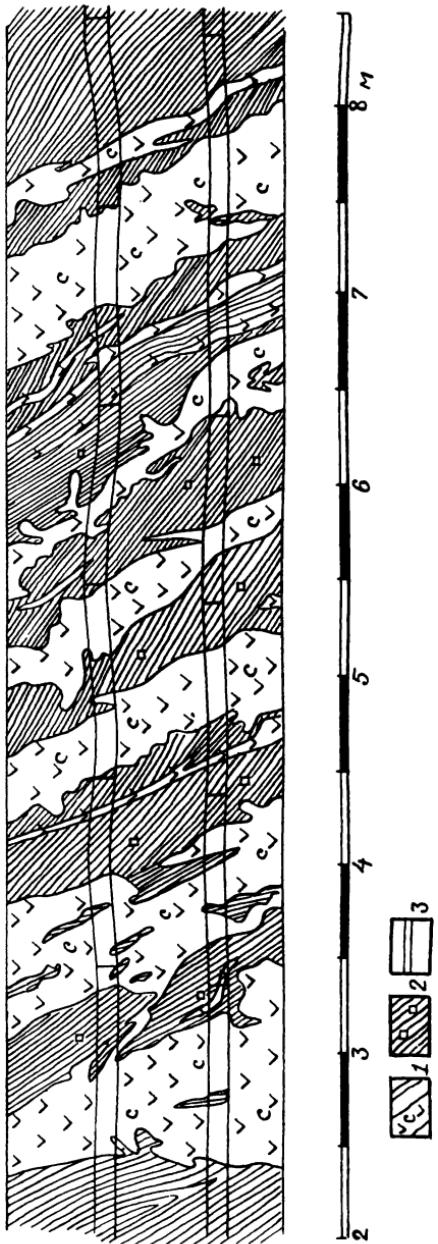


Рис. 6. Пример опробования жильной зоны равномерными секциями бороздовых проб:
1 — жильный кварц; 2 — филлиты; 3 — бороздовые пробы.

пробами (рис.6) в целом на всю мощность и лишь при наличии внутри зоны мощных кварцевых жил, учитываемых или отрабатываемых самостоятельно, последние опробуются отдельно.

Неравномерное распределение золота в жильных зонах, относительное низкое его содержание в рудах минерализованных зон, а также отсутствие четких геологических границ в рудных телах этих типов месторождений требует повышенного внимания к их опробованию по выработкам скважинам, особенно в отношении оконтуривания промышленного оруднения.

Методика опробования штокверков в общем виде близка к опробованию жильных и минерализованных зон. Горные выработки и скважины как правило, опробуются равносекционными линейными пробами. В горных выработках, пересекающих штокверк, опробование обычно осуществляется бороздовым способом по стенкам выработок в направлении максимальной изменчивости оруднения.

Некоторые особенности методики опробования месторождений штокверкового типа в значительной мере определяются характером размещения, ориентировки и концентрации кварцевых жил и кварцево-сульфидных прожилков. В связи с различной ориентировкой жил, прожилко свойственных штокверкам, горные выработки (вертикальные и горизонтальные), вскрывающие месторождение, не могут быть непосредственно отнесены к категории секущих или прослеживающих. Изометрическая форма многих штокверков позволяет вскрыть их выработками различны направлений. Кроме того, преимущественная ориентировка жил и прожилков, несущих золото, часто определяет размещение и ориентировку линейных проб в горизонтальных выработках, вскрывающих месторождение штокверкового типа.

Так как контур промышленных руд проводится на основе данных опробования (с учетом бортового лимита содержаний золота) и является условным, то надежность промышленного контура, а следовательно, запасов руды и металла в большой степени зависит от надежности точности их анализов. Ошибки в определении по данным опробования промышленного оруднения (рудных тел) и содержания золота при секущих, относительно низких, содержаниях золота (находящихся часто в гранях промышленных), свойственных этой группе месторождений, могут существенно исказить их промышленную оценку и вызвать серьезные затруднения при их отработке.

Следовательно, на месторождениях этого типа, при прочих равных условиях, особо важную роль помимо выбора сечения (объема) проб играют работы по определению рациональной длины секции линейных проб, установлению правильной ориентировки проб по отношению основных геологических образований, несущих золото, и допустимого выхода керна, обеспечивающего надежность результатов опробования, а также и выявлению ряда факторов (таких, как крупность золота, наличие сульфидов и т.п.), могущих существенно влиять на качество отбора и подготовки проб к анализу, так и самого анализа. При выборе длины секции проб, помимо природных факторов, надо учитывать и параметры, установленные кондициями. В процессе разведки рудных тел, характеризующими

щихся отсутствием четких геологических границ, их опробование ведется путем отбора линейных равносекционных проб (длиной 1-3 м), полностью пересекающих рудоносные породы.

В задачу равносекционного опробования входит:

- оконтуривание промышленного оруденения;
- выявление внутреннего строения рудных тел;
- изучение характеристик изменчивости оруденения;
- выявление связи интенсивности концентрации полезного компонента с текстурно-структурными и другими особенностями руд.

Другими словами, основной задачей геологического равносекционного опробования этих месторождений является не только повышение точности определения среднего содержания полезного компонента и установления контуров промышленных руд и пустых прослоев, но и изучение неоднородности строения рудного тела. При этом следует учитывать, что неоднородность строения, помимо методики наблюдения, обуславливается преимущественно природными факторами, поскольку рудные тела — это геологические образования, представляющие собой сложные сочетания минеральных скоплений, распределение которых вызвано различием текстур руд, генетическими особенностями месторождения (зональностью, стадийностью минералообразования, магматической и тектонической деятельностью и т.д.).

Так как при оценке месторождений с рудными телами без четких геологических границ особо остро (помимо определения содержания золота) стоит вопрос о детальном изучении внутреннего строения рудного тела по данным опробования, то выбор длины секции пробы является весьма актуальной задачей. Применение произвольно принятой длины секции может оказаться на надежности результатов такого изучения, поскольку вскрыть закономерности в строении рудного тела и изучить характер его внутреннего строения возможно пробами, соизмеримыми с размерами элементов неоднородности.

К таким элементам могут быть отнесены:

- различная концентрация кварцевых жил и прожилков, а также жил и прожилков другого минерального состава;
- наличие зон смятия и тектонических нарушений;
- пространственно обособленные участки развития различных минеральных ассоциаций;
- различная степень концентрации сульфидов;
- участки с различной интенсивностью гидротермально-метасоматических изменений вмещающих пород и т.д.

Выбор рациональной длины секции в этих случаях осуществляется по аналогии с разведкой однотипных месторождений, а также на основе опытно-экспериментальных работ или путем математико-статистической обработки данных опробования, полученных на каком-либо наиболее характерном участке разведываемого месторождения, где применялась минимальная из возможных длина секции проб. Результаты математико-статистической обработки данных опробования с целью определения рациональной длины секции следует согласовывать с особенностями внутреннего

строения рудных тел и параметрами кондиций, характеризующими минимальную мощность промышленных руд и максимальную мощность пустых (не промышленных) прослоев.

Следует, однако, отметить, что использование приемов математической статистики для выбора рациональной длины равнointervalной секции линейных проб является только способом обработки экспериментальных данных, получение которых предусматривает выполнение достаточного объема экспериментальных работ по отбору линейных проб различной длины и тщательного анализа особенностей геологического строения рудных тел, проводимого на основе детальной документации в пределах участков экспериментальных работ и обобщения материалов геологического изучения месторождения.

В том случае, если имеется возможность визуального определения размеров элементов неоднородности, то задача выбора оптимальной длины секции пробы значительно упрощается, так как длина секции пробы должна быть, как правило, равна или меньше элементов неоднородности выделяемых в рудном теле месторождения.

ГЛАВА 2. МЕХАНИЗАЦИЯ ОТБОРА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

2.1. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОТБОРА БОРОЗДОВЫХ ПРОБ

Технические средства для отбора бороздовых проб в процессе разведки подразделяются в настоящее время на два типа — пробоотборники ударного и режущего действия [21, 39].

Пробоотборники ударного действия представляют собой пневматические ручные механизмы (отбойные, клепальные и рубильные молотки) со специальным породоразрушающим инструментом (коронками, насадками). Применение для отбора бороздовых проб этих, разработанных в разное время, пробоотборников кроме определенного ускорения производства работ и некоторого повышения качества отбора проб (сохранение попечного сечения) не искоренило возникновение систематических погрешностей. Это было связано с тем, что принцип их работы (как и при ручной отбойке проб) оставался прежним (ударным), и соответственно с этим не исключалась возможность появления избирательного выкрашивания по основным поверхностям отбираемой борозды.

Механические пробоотборники ударного действия, как правило, обладали большой массой, требовали значительных по объему подготовительных работ и были неудобны при их эксплуатации в условиях горных выработок. Кроме того, в процессе их использования возникали: большой разброс (разлет) материала бороздовых проб, засорение его за счет осыпания кусочков руды из забоя или стенок разведочных выработок; сильное запыление горных выработок и т.д. Указанные недостатки не позволили внедрить механические пробоотборники ударного действия, предназначенные для отбора геологических линейных проб, в практику разведки золоторудных месторождений.

В настоящее время наиболее современным и прогрессивным механизмом для отбора линейных проб, лишенным многих недостатков, свойственных механизмам ударного действия, является механический пробоотборник режущего действия с пневматическим приводом ИП 6401, разработанный в Тульском отделении экспериментальных исследований ЦНИГРИ [22]. От всех ранее разработанных моделей пробоотборников этого типа (ДПП-П ВИТР, ДНЭ-П ВИТР и др.) он выгодно отличается простотой конструкции, малой массой, отсутствием вспомогательных приспособлений (тяжелых пневматических поддержек, направляющих штанг и т.д.) и возможностью вырезания материала линейных геологических проб с руки.

Пробоотборник конструкции ЦНИГРИ обеспечивает оконтуривание проб двумя параллельными прорезями. Скол материала пробы производится специальными тонкими клиньями, а зачистка дна пробы — долотчатой коронкой, заточенной под углом 60°, с помощью рубильного молот-

ка ИП 4119. В настоящее время Свердловское производственное объединение «Пневмостроймашина» серийно выпускает пробоотборники ИП 6401 и рубильный молоток ИП 4119 (в комплекте).

Механические пробоотборники режущего действия в отличие от пробоотборников ударного действия за счет применения для оконтурирования пробы в породах и руде алмазными отрезными кругами практически исключает возможность избирательного выкрашивания по основным боковым стенкам (поверхностям) отбираемой линейной пробы и, следовательно, создают только одну поверхность (дно борозды), по которой возможно возникновение избирательного выкрашивания различных по твердости и обогащенности полезным компонентом геологических образований, входящих в состав руды.

При отборе линейных геологических проб механическим пробоотборником режущего действия достигается превышение глубины борозды над ее шириной в 1,5-2 раза, что позволяет резко увеличить (до 80 %) площадь точно обрабатываемых поверхностей отбираемых проб, сохранить постоянство их параметров в пределах всего интервала опробования, достичь полноты и равномерности поступления отбираемого в пробу материала, избежать значительных его потерь.

Все это значительно уменьшает возможность возникновения систематических погрешностей опробования в сложных горно-геологических условиях, свойственных золоторудным месторождениям различных морфологических типов, и тем самым позволяет почти полностью исключать зависимость качества отбора пробы, а следовательно, и возможность возникновения погрешностей в процессе опробования, от влияния как объективных, так и субъективных причин.

Отбор линейных геологических проб с помощью механического пробоотборника режущего действия ИП 6401 получил название — щелевой механизированный способ отбора проб. Он предназначен для широкого использования при опробовании с целью повышения качества проб и уровня механизации этого процесса.

Щелевой способ опробования позволяет:

- повысить качество отбора проб;
- снизить вероятность появления систематических ошибок;
- уменьшить поперечное сечение и массу проб;
- повысить производительность труда в 2-3 раза;
- снизить стоимость работ.

При щелевом способе отбора проб величина их поперечных сечений может быть различной в зависимости от конкретных условий геологического строения месторождения: характера изменчивости распределения содержания полезного компонента, текстурных и структурных особенностей руд, их физико-механических свойств, мощности рудного тела и др.

Общие теоретические основы пробоотбора механизмами режущего действия, высокая надежность щелевых геологических проб, проверенная экспериментальными работами на месторождениях ряда полезных ископаемых, в том числе и золота, определяют широкие возможности применения щелевого механизированного способа отбора проб на всех стадиях разведки золоторудных месторождений.

Из других средств механизации, разработанных для использования при опробовании месторождений полезных ископаемых, можно отметить пробоотборники для отбора линейных проб шпуровым способом. Отбор шпуровых проб может производиться с помощью перфораторов, применяемых для бурения шпурков при проходке горноразведочных выработок, и специальных приспособлений для герметизации устья шпурка и сбора выбуранного материала. Известны два варианта технологии отбора проб: с промывкой водой и без промывки. При бурении шпурков с промывкой водой сбор шлама (материала пробы) обычно производится в отстойниках, а при бурении без промывки применяются специальные насадки и пылеуловители.

Наиболее известным механизмом для отбора шпуровых проб является пробоотборник «Кафан» (НИГМИ-2), разработанный в Армнипромцветмете. Пробоотборник «Кафан» предназначен для отбора шпуровых проб только в сухом режиме. Герметизация системы при бурении шпурков достигается с помощью специального уплотняющего устройства (насадки) [39].

Материал пробы в виде сухой буровой муки поступает от насадки в приемную емкость через гибкий соединительный шланг. Масса пробоотборника «Кафан» с насадкой (без перфоратора и шлангов) составляет не более 5 кг. Пробоотборник обеспечивает отсос и сбор материала в процессе бурения шпурков.

В настоящее время пробоотборники для отбора шпуровых проб серийно промышленностью не выпускаются. Они не нашли в практике геологоразведочных работ на золоторудных месторождениях своего применения, в связи с рядом существенных недостатков, свойственных этому типу пробоотборников.

Этими недостатками являются:

- громоздкость и большая масса всего оборудования и несовершенство пылеулавливающих устройств;
- отсутствие возможности применения секционного отбора при сложном внутреннем строении рудных тел;
- невозможность привязки интервалов отбора проб к результатам геологической документации выработок;
- неизученность вопроса об избирательном истирании материала руд при бурении шпурков и о поведении золота при транспортировке шлама к устью шпурка.

2.2. ХАРАКТЕРИСТИКА СРЕДСТВ ОТБОРА ЩЕЛЕВЫХ ПРОБ

Пробоотборник пневматический ИП 6401 и рубильный молоток ИП 4119 применяются для отбора линейных щелевых (бороздовых) геологических проб в открытых и подземных горных выработках, не опасных по газу и пыли, в породах средней крепости, крепких и весьма крепких при разведке и эксплуатации коренных месторождений золота.

2.2.1. Пробоотборник пневматический ИП 6401

Пробоотборник (рис.7) состоит из корпуса, в котором установлен ротационный двигатель с центробежным регулятором числа оборотов. В одну

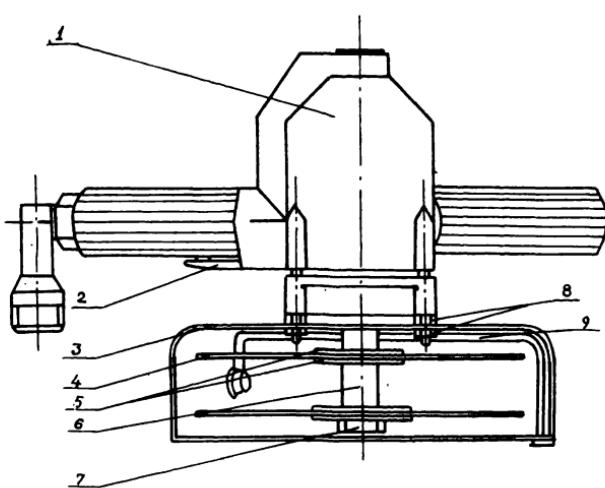


Рис. 7. Пробоотборник пневматический ИП 6401:

1 — корпус; 2 — пусковое устройство; 3 — защитный кожух; 4 — алмазный отрезной круг; 5 — фланцы; 6 — втулка; 7 — болт; 8 — гайка; 9 — трубопровод

из рукояток корпуса вмонтировано пусковое устройство шарикового типа. На шпильках с гайками крепится к корпусу защитный кожух. Для подвода воды служит трубопровод. На валу с помощью фланцев, втулок и болта крепятся алмазные круги. Расстояние между отрезными кругами регулируется с помощью втулок, входящих в комплект пробоотборника.

Принцип работы пробоотборника следующий: при нажатии на курок сжатый воздух попадает в рабочую полость двигателя и вращает ротор; вращение через вал и фланцы передается на отрезные круги; вода, поступающая на отрезные круги, не только способствует их охлаждению, но и выносит из прорезей шлам, что обеспечивает нормальную работу кругов.

Режущим инструментом пробоотборника ИП 6401 являются алмазные отрезные круги (АОК), выпускаемые серийно промышленностью по ГОСТ 10110-78. Типоразмеры АОК, рекомендуемые в качестве режущего инструмента пробоотборника ИП 6401, приведены в табл. 7 и 8.

Рекомендуемые размеры АОК

Таблица 7

Обозначение типоразмера	Наружный диаметр круга, мм	Внутренний диаметр круга, мм	Толщина корпуса круга, мм	Толщина режущей кромки, мм	Высота режущей кромки, мм
2726-0232	200	32	0,9	1,2	5,0
2726-0498	200	32	0,9	1,2	5,0
2726-0234	200	32	1,2	1,5	5,0
2726-0501	200	32	1,2	1,5	5,0

Таблица 8

Рекомендуемое оснащение АОК алмазными порошками

Характеристика пород и руд	Марки алмазных порошков	Зернистость алмазов	Концентрация алмазов
В породах и рудах малоабразивных, средней крепости	AC16, AC20,	400/315	25, 50
	AC32	250/200	
В породах и рудах средней и высокой абразивности, крепких и весьма крепких	AC32, AC50,	400/315	25, 50
	AC65 и более	315/250	

Технико-экономические показатели отбора проб пробоотборниками зависят от следующих конструктивных параметров алмазных отрезных кругов: марки и зернистости алмазного порошка, концентрации алмазов в матрице и твердости матрицы.

В пробоотборниках рекомендуется использовать АОК с синтетическими алмазами АС следующих марок алмазных порошков, характеризующихся различной зернистостью и концентрацией алмазов (см.табл.8).

Серийно изготавляемые АОК имеют металлическую связку М1, содержащую 80 % меди и 20 % олова. Связка М1 обеспечивает эффективную работу алмазов и высокую износостойкость кругов в малоабразивных породах и рудах. При резании пород и руд средней и высокой абразивности с увеличением концентрации алмазов износостойкость кругов увеличивается незначительно в связи с недостаточной прочностью матрицы. Поэтому рекомендуется применять круги с концентрацией алмазов 25 и 50.

2.2.2. Рубильный молоток пневматический ИП 4119

Рубильный молоток (рис.8) состоит ударного узла, корпуса, рукоятки и узла виброзащиты. Принцип работы молотка следующий: при нажатии на курок сжатый воздух через штуцер поступает к воздухораспределите-

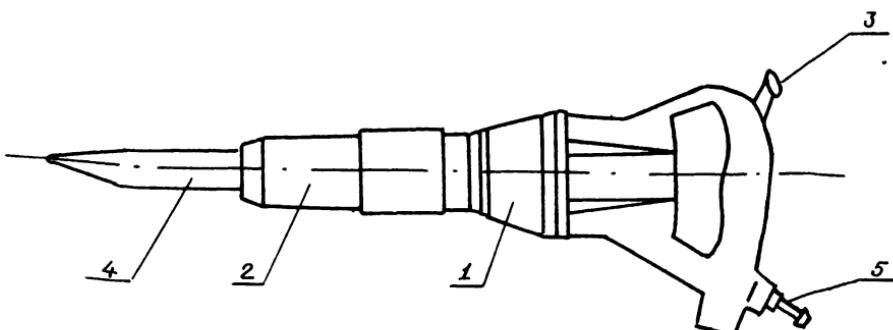


Рис. 8. Рубильный молоток пневматический ИП 4119:
 1 — ударный узел; 2 — корпус; 3 — пусковое устройство; 4 — рабочий инструмент;
 5 — штуцер

тельному устройству, подающему воздух в переднюю или заднюю камеры молотка. Под действием сжатого воздуха ударник совершает возвратно-поступательное движение в стволе молотка и наносит удары по хвостовику сменного рабочего инструмента. Установка и замена одного породоразрушающего инструмента (клина) другим (долотом) производится по мере необходимости.

В табл. 9 и 10, соответственно, приводятся характеристики технических средств и показателей отбора геологических щелевых проб.

2.3. МЕТОДИКА И ТЕХНОЛОГИЯ ОТБОРА ЩЕЛЕВЫХ ПРОБ

Щелевой способ отбора проб в горных выработках с применением пробоотборника ИП 6401 является модификацией бороздового способа. Поэтому все инструкции, методические рекомендации и требования по размещению и ориентировке бороздовых проб, качеству их отбора и проведения геологической документации целиком распространяются и на щелевой способ.

Таблица 9

Характеристика технических средств для отбора геологических проб

Наименование показателей, единица измерения	Вид технических средств	
	пробоотборник ручной пневматический ИП 6401, ИП 6401А	молоток рубильный пневматический ИП 4119
Максимальная глубина разрезания, мм	50	—
Диаметр алмазного отрезного круга, мм	200	—
Расстояние между отрезными кругами регулируемый, мм	20, 30, 50	—
Тип двигателя	Пневматический ротационный	Пневматический ударный
Номинальная мощность на шпинделе, квт (л.с.)	1,3 (1,8)	—
Частота вращения шпинделя, с ⁻¹ , об/мин:		
- на холостом ходу, не более	76,3 (4580)	—
- при максимальной мощности, не менее	56,7 (3400)	—
Удельный расход воздуха при номи- нальной мощности, м ³ /мин/квт, не бо- льше	1,23	2,45
Давление сжатого воздуха на входе в машину, МПа	0,5	0,5
Энергия единичного удара, Дж, не ме- нее	—	12,5
Частота ударов, с ⁻¹ , не менее	—	30
Усиление подачи нажатия, Н, кгс	50-100 (5-10)	50-100 (5-10)
Охлаждение режущего инструмента	Вода	—
Расход воды, л/мин	1,5	—
Виброзащита	Нет	Имеется
Масса, кг (без рабочего инструмента и рукавов), не более	5,6	6,0

Таблица 10

Технические показатели отбора щелевых проб

Характеристика условий отбора проб	Категории пород по бурамости	Абразивность	Техническая скорость резания, п.м./час	Производительность отбора проб, п.м./час	Износостойкость краюв, п.м.	Марка отрезного круга
Жильные зоны в осадочных трещиноватых породах, жильные зоны и штокверки в вулканогенно-осадочных породах, известковые скарны, содержание кварца до 30 %	VII-X	Ниже средней	от 5,7 до 7,8	от 2,2 до 2,9	от 25,0 до 82,0	
Кварцево-жильные зоны в окварцованных сланцах, кварцевые жилы и прожилки в вулканогенных образованиях, сланцах и дайках гранитоидов, тектонические бреекчи в гранит-порфирах, березитизированные гранодиориты с маломощными кварцевыми жилами, содержание кварца от 30 до 70 %	VIII-XI	Средняя и выше средней	от 3,2 до 8,5	от 2,0 до 2,9	от 14,3 до 23,0	2726-0232 АС15-АС65 315/250 25,50 М1 по ГОСТ 10110-78
Сложные по строению жильные зоны в фельзитах и интимбратах, плотный сливной кварц, кварцевые жилы в габбро, меблистые песчаники, кварцито-видные алевролиты, содержание кварца 70 %	X-XII	Высокая	от 1,7 до 2,3	от 1,0 до 1,2	от 11,2 до 14,8	

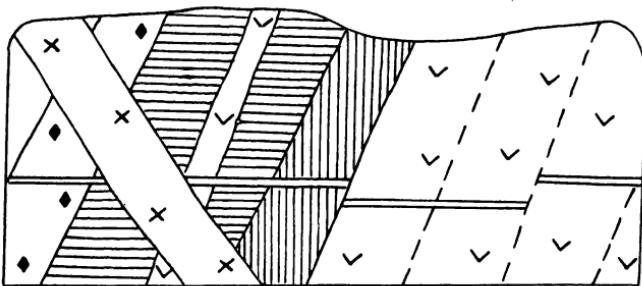


Рис. 9. Схема отбора проб в стенках рассечки:
 1 — кварц-карбонатная жила; 2 — серицит-кварцевая жила; 3 — дайки;
 4 — кварцевая жила; 5 — туфы андезитов

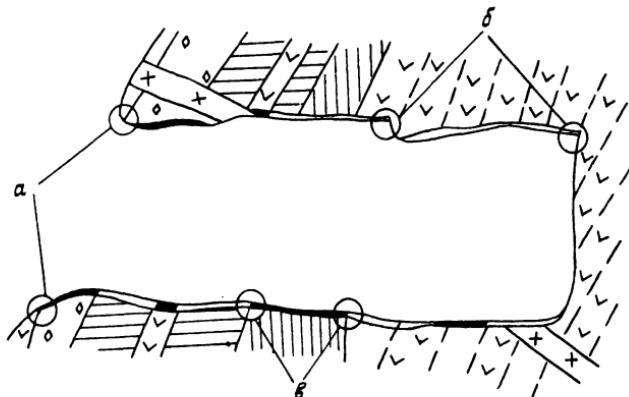


Рис. 10. Разметка секций проб в стенке горной выработки при отборе щелевых проб

Подготовка к процессу отбора проб включает ряд операций: очистку и выравнивание поверхности стенки или забоя горной выработки в пределах линии отбора проб; разметку интервалов; расстилку брезента для сбора материала проб; подключение пробоотборника к воздухопроводной и водопроводной сети [27].

Выравнивание стенок или забоев горной выработки в местах отбора проб производится в обязательном порядке при опробовании рудных тел с повышенной трещиноватостью и слоистой текстурой, при наличии «заколов» на опробуемой поверхности горных выработок, возникших в результате взрывных работ. При выравнивании может быть допущено наличие незначительных неровностей поверхности выработок в местах пробоотбора, позволяющих проводить нарезку пробы на глубину 4,0-5,0 см по всей линии отбора (рис.9). Разметка интервала отбора проб по секциям осуществляется с учетом внутреннего строения рудных тел и структурно-литологических их особенностей (рис.10). При отборе горизонтально ориентированных проб для удобства работы их располагают на высоте 1,0-1,2 м от почвы выработки (на уровне пояса пробоотборщика).

При невозможности нарезки проб по намеченной линии из-за значительных неровностей поверхности горной выработки может быть допущена другая высота отбора проб, если характер внутреннего строения и мощность рудных тел резко не изменяется.

Процесс отбора проб щелевым способом состоит из следующих операций:

- нарезки с помощью пробоотборника двух параллельных прорезей;
- скола и отбойки материала пробы, находящегося между прорезями;
- сбора материала пробы с брезента в пробный мешок;
- ведения документации.

В процессе нарезки проб механический пробоотборник держат в руках за рукоятки. Давление на режущий инструмент, передаваемое через корпус пробоотборника, создается усилием рабочего, который обеспечивает и соблюдение заданного направления резания. Усилие подачи в процессе резания составляет не более 5-6 кгс. Отрезные круги, вращающиеся при работе пробоотборника, внедряются на заданную глубину под прямым углом к опробуемой поверхности стенки или забоя горной выработки в пределах границы между интервалами секций. Затем пробоотборник перемещается по намеченной линии отбора проб, оконтуривая пробу двумя параллельными прорезями по всей ее длине.

В процессе нарезки щелевых проб при встрече прямоугольного выступа или взаимоперпендикулярного сопряжения стенки и забоя горной выработки (рис.11, 12) резание производится до встречи корпуса пробоотборника с поверхностью горной выработки. В той части опробуемого интервала (заштриховано на рисунках), где не удается сделать прорези, материал в пробу необходимо отбить вручную, сохранив при этом ее прежнее сечение. Для наиболее точного оконтурирования при-

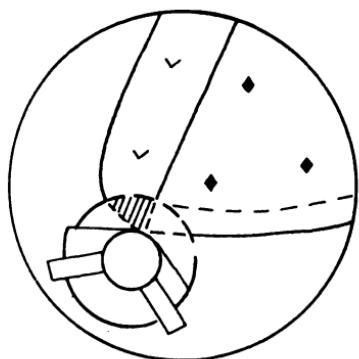


Рис. 11. Зарезка щелевой пробы на пересечении штрука и рассечки (позиция а на рис. 10)

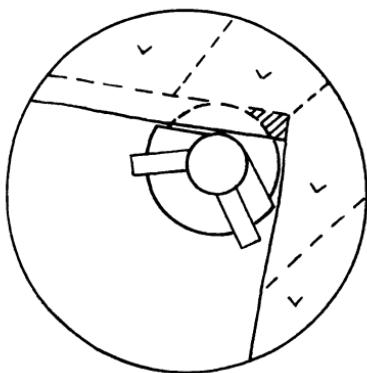


Рис. 12. Зарезка щелевой пробы на сопряжении стенки и забоя горной выработки (позиция б на рис. 10)

нятых при опробовании интервалов (секций) проб с помощью пробоотборника производят на поверхности забоя или стенки выработки небольшие зарезки перпендикулярно линии отбора проб (рис.13).

Нарезка, отбойка и сбор материала проб осуществляется последовательно по отдельным секциям. Одновременная нарекза нескольких секций проб без последующей отбойки и сбора их материала допускается только в монолитных и слаботрещиноватых рудах и породах. В случае заклинов алмазных отрезных кругов, возникающих при нарекзе проб в сильно трещиноватых породах с применением двух кругов, рекомендуется перейти на резание (двух параллельных прорезей) одним отрезным кругом. Если в процессе нарекзы проб происходит самопроизвольное скальвание и выпадение отдельных обломков материала в пределах контура пробы, их следует собирать и помещать в пробный мешок с материалом этой же пробы. В процессе нарекзы проб следует исключать возможность попадания в материал пробы кусков породы или руды из-з пределов ее контура.

При наличии значительных выступов на поверхности забоев или стек горной выработки, расположенных ниже линии пробоотбора, нарекза щелевых проб с применением пробоотборника производится при нижней расположении отрезных кругов по отношению его корпуса, а в случая наличия значительных неровностей и препятствий выше линии отбор проб — при верхнем расположении отрезных кругов.

Нарекза горизонтально и пологонаклонно расположенных щелевых проб осуществляется против вращения отрезных кругов, т.е. слева — на право, при нижнем положении кругов, и справа — налево — при верхней положении. При нарекзе вертикальных и наклонных проб положени пробоотборника и направление резания должно быть таким, чтобы охлаждающая жидкость отбрасывалась вниз. Во всех случаях глубина нарекзы проб в 5 см обеспечивается доведением корпуса пробоотборника до поверхности стенки или забоя выработки. Уменьшение глубины резания может быть обеспечено специальными шайбами, устанавливаемыми вместе с отрезными кругами на шпиндель пробоотборника. В этом случае резание производится до упора шайбы в стенку или забой горной выработки.

Для облегчения скола материала пробы ее ширина должна быть не более 3 см. Процесс скола происходит тем легче, а полнота отбора материала в пробу тем выше, чем больше глубина прорезей и чем меньше расстояние между ними. Для скальвания материала пробы с применением ру-

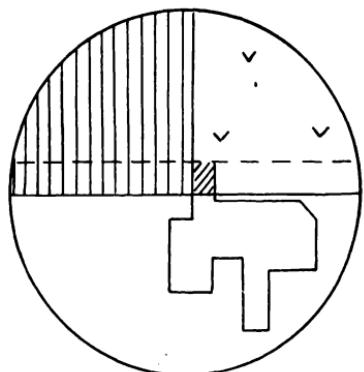


Рис. 13. Оконтуривание пробоотборником начала и конца секции пробы (позиция 6 на рис. 10)

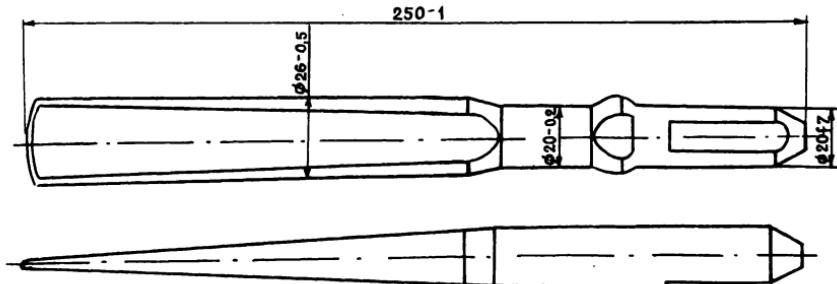


Рис. 14. Клин для скальвания материала щелевых проб

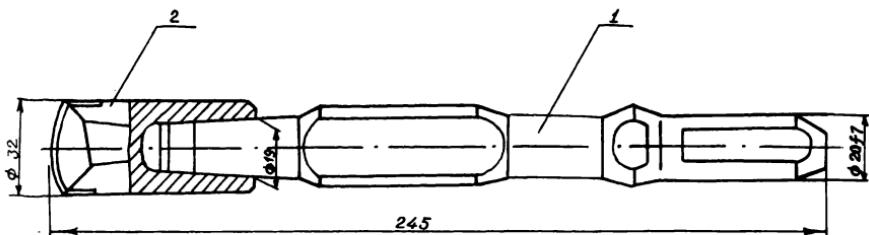


Рис. 15. Долото для зачистки дна щелевых проб

бильного молотка ИП 4119 используют специальный клин (рис.14), а для отбойки несколотого материала и зачистки дна борозды (щели) — долото (рис.15).

При выполнении операции скальвания пробы молотком ИП 4119 устанавливают рабочую часть (лезвие) клина в одну из оконтуривающих пробу прорезей и поддерживают молоток перпендикулярно поверхности стенки или забоя горной выработки. Затем нажимают на рукоятку молотка и производят кратковременный его пуск до осуществления скола (отлома) материала пробы. Эту операцию повторяют в пределах соответствующего интервала пробы. Затем клин извлекают из молотка, заменяют его долотом и проводят зачистку дна пробы. Операции по отбойке и зачистке щелевых проб должны выполняться с предельной осторожностью с целью недопущения обрушения породы за пределами контура пробы.

Конструкция пробоотборников ЦНИГРИ ИП 6401 позволяет отбирать горизонтальные, наклонные и вертикальные пробы в разведочных горных выработках, имеющих водопроводные и воздушные магистрали.

При отсутствии в горных выработках водопроводных магистралей подача воды к пробоотборникам производится от тех передвижных емкостей, которые используются при бурении шпуров.. В отдельных случаях могут быть применены индивидуальные бачки, устанавливаемые на высоте 1,5 и более метров от почвы выработки.

При работе с пробоотборниками в горных выработках, в которых фиксируется отрицательная температура (например, в условиях вечной мерзлоты) следует использовать подогретую воду или водный солевой раствор насыщенностью 10-15 %.

Т а б л и ц а 11
Технические характеристики камнерезных (кернорезных) станков

Параметры	СКР-1	КШ-14		УКП-1	УКС-2	СКУ-1	СКВ-1 верти- кальный
	ПГО Ир- кутскгео- логия	настоль- ный	стацио- нарный	ЦНИГРИ	Свердлов- ский ГИ	ПГО Иркутскгеология	
ВО СоюзостанкоП- ром							
Диаметр ал- мазов отрез- ного круга, мм	320; 440	200	400	200; 250 320	50; 320	320; 400	320; 400
Частота вра- щения круга, об/мин	1500; 3000	2800	1500		3000	2880	3000
Диаметр раз- резаемого керна, мм		150		110	130	250	42-94
Размеры, мм:							*
кубиковых горных по- род (не бо- лее)	50x50x50	—	—	75x75x75	—	50x50x50	—
пластин, сег- ментов (не менее)	3	—	—	2-55	—	0,5-20	—
Мощность электродви- гателя, квт	4	1,1	5,5	1,5	2	2,8	5,7
Вид охлаж- д а ю щ е й Эмульсии	Эмуль- сия, вода			Эмуль- сия, вода		Вода	Эмуль- сия, вода
Габаритные размеры, мм:							
- длина	1530	510	1200	957	1500	1320	650
- ширина	585	520	900	1470	940	530	650
- высота	1380	370	1600	1855	1560	1220	1330
Масса стан- ка, кг	300	60	460	380	230	300	200

2.4. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОТБОРА ПРОБ ИЗ КЕРНА

В настоящее время отбор проб из керна буровых скважин, поднятого на поверхность, производится путем его деления разрезанием или раскалыванием с помощью различных технических средств. К ним относятся кернорезные станки, рабочими инструментами которых являются алмазные

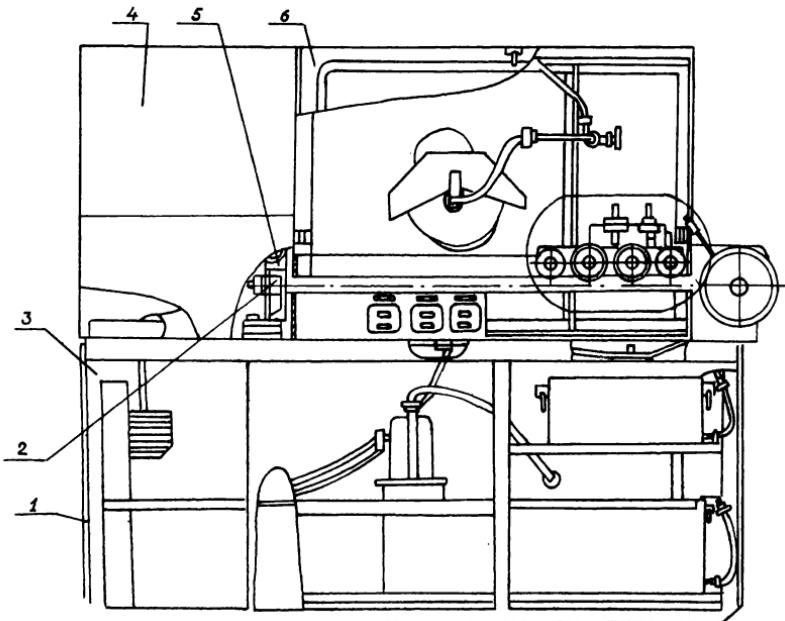


Рис. 16. Механическая схема кернорезной установки УКП-1

отрезные круги (табл.11), а также различные виды механических керноколов (например, кернокол конструкции СКБ ВПО Союзгеолтехника и др.).

Наиболее современной и универсальной при работе по отбору проб из керна и подготовки каменного материала к исследованиям является установка УКП-1 (рис.16), характеристика которой приводится ниже.

2.4.1. Установка кернорезная УКП-1

Предназначена для механизированного отбора проб и образцов горных пород из керна скважины непосредственно на буровых, в кернохранилищах и т.д. Она позволяет резать керн вдоль и поперек его оси, на различные по величине части, что обеспечивает наилучшие условия для отбора керновых проб и получение отдельных пластин и других по форме частей керна для макро- и микроскопических исследований по ним руд и пород.

Основной составной частью установки (см.рис.16) является силовой каркас 2, на котором установлен качающийся рычаг 5 с приводом алмазного отрезного круга. Силовой каркас, воспринимая усилия, возникающие при работе алмазного отрезного круга, прямого контакта с корпусом установки не имеет, что улучшает условия работы на ней. По скалкам силового каркаса перемещается каретка 7. В каретке размещается материал (керн). Силовой каркас устанавливается на нижний каркас 3, который служит основанием установки. Рабочая зона алмазного отрезного круга ограждена от окружающей среды каркасом верхним 4, люком верхним 6. Перемещение каретки и зажимных устройств по скалкам силового каркаса осуществляется грузовой подачей и механизмом возврата. Грузовая подача обеспечивает оптимальные условия для алмазного отрезного

круга при резании перемежающихся по крепости пород, исключая ее деформацию и разрушение. На установке производят продольную резку керна пополам, вырезают из керна сегменты, пластины и бруски, производят поперечную резку керна и брусков на кубы, резку природного камня.

Техническая характеристика установки УКП-1:

диаметр керна при продольной и поперечной резке, мм

— минимальный	— 22
— максимальный	— 110
длина разрезаемого керна, мм, не более	— 500
толщина вырезаемых пластин и сегментов, мм	— 2-55
размеры вырезаемых кубиков, мм:	
— минимальный	— 14×14×14
— максимальный	— 75×75×75

скорость продольной резки керна диаметров 59 (-2) мм

по категориям горных пород по буримости, м/с:

V-VII, не менее	— $13,5 \cdot 10^{-3}$
VIII-X, не менее	— $4,5 \cdot 10^{-3}$
XI-XII, не менее	— $2,3 \cdot 10^{-3}$

тип алмазных отрезных кругов — AC6-AC50 400/315; 315/250
50M1; 25M1; ГОСТ 10110-78

диаметр алмазных отрезных кругов, мм — 200; 250; 320

вид энергии электрическая

мощность привода шпинделя, кВт, не более — 1,5

частота вращения шпинделя, С⁻¹ — 50

напряжение сети, В — 380

род охлаждающей жидкости — вода и водные эмульсии, разрешенные для применения Минздравом СССР

габаритные размеры, мм, не более — 975×1470×1855

масса, кг, не более — 380

Установка УКП-1 выгодно отличается простотой конструкции, высокой надежностью, удобством и легкостью обслуживания.

ГЛАВА 3. ОБРАБОТКА ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

3.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ И МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ ПРОБ

Обработка геологических проб, представляющая совокупность операций по измельчению, просеиванию, перемешиванию и сокращению материала, проводится по схемам, разработанным с учетом особенностей руд разведаемого месторождения (рис.17). Обработка проб осуществляется с целью получения из материала исходной пробы такого количества измельченного и перемешанного материала, которое удовлетворяло бы требованиям лаборатории, проводящей анализ. Этот материал должен наиболее надежно отражать состав материала и содержание золота и др. компонентов в исходной пробе. Обработанную лабораторную пробу массой до 1 кг можно получить двумя способами:

- путем последовательного все более мелкого дробления (измельчения) до 1 мм и сокращения перемешанного материала исходной геологической пробы по стадиям;
- путем дробления (измельчения) всего материала исходной геологической пробы до крупности ее частиц, равной 1 мм (без последовательных сокращений) и отбора из измельченной пробы необходимого количества материала для проведения аналитических работ.

В обоих случаях из обработанной лабораторной пробы выделяются рядовая пробы и ее дубликат.

Рядовая пробы (лабораторная) проходит дальнейшее измельчение до крупности $-0,074$ мм и направляется на анализ, то есть является аналитической пробой, из которой также отбирается дубликат.

В основе первого способа подготовки лабораторной пробы лежит положение о том, что соответствие содержания полезного компонента в исходной и сокращенной пробе на каждой стадии обработки зависит от крупности частиц и равномерности распределения полезного компонента.

В этом случае наиболее трудоемкой операцией при обработке геологических проб являются дробление и измельчение материала, отобранного в пробу. В связи с этим их обработка обычно проводится в несколько последовательных стадий дробления, просеивания, перемешивания и сокращения. Каждая из операций в соответствующую стадию обработки имеет свое назначение:

- дробление обеспечивает увеличение количества равновеликих частиц рудного материала пробы;
- просеивание контролирует качество дробления и размер частиц материала;
- перемешивание приводит к созданию однородного по составу и свойствам ее материала;

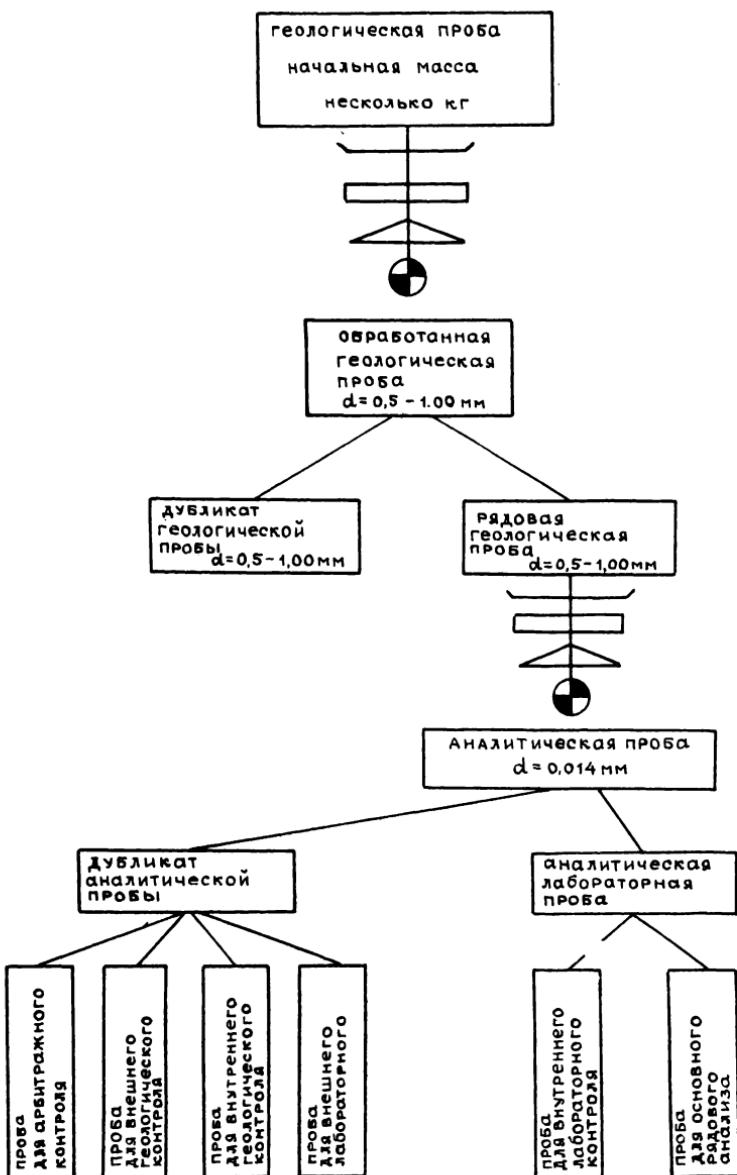


Рис. 17. Принципиальная схема обработки рядовых геологических проб

— сокращение обеспечивает уменьшение количества материала, первоначально взятого в пробу, до конечной его части, идущей на анализ.

При обработке геологических проб в несколько стадий их материал подвергается наиболее крупному дроблению лишь в первую стадию, после чего основная его часть удаляется из обработки. В дальнейшем при обработке проб 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 — аналитическая проба.

Необходимым условием надежной и правильной обработки материала геологических проб является обязательное просеивание и тщательное перемешивание его после каждой стадии дробления, а также соблюдение мер, не допускающих смешивание материала различных фракций крупности. На золоторудных месторождениях сокращение материала проб при их обработке обычно осуществляется по формуле:

$$Q = K \cdot d^a \quad (2)$$

где Q — минимально допустимая масса пробы на данной стадии ее сокращения, кг;

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, мм;

a — показатель степени приближения формы зерен (частиц) руды к шаровидной форме (обычно принимается равным 2 при обработке геологических проб малой массы 5-12 кг).

В том случае, когда предстоит обрабатывать пробы большой массы (валовые и т. п.), материал которых состоит из кусков руды большого размера, показатель степени a принимается равным 1,8.

Для обоснования параметра K при разведке крупных месторождений, с большим объемом опробования и аналитических работ, рекомендуется проводить экспериментальные работы, заключающиеся в следующем. Отбирается исходная проба, которая целиком измельчается до соответствующего размера частиц (например, -10 мм), тщательно перемешивается, и из нее отбирают частные пробы. Масса проб рассчитывается при различных значениях K (например, от 0,2 до 1,0), но при постоянном значении степени a , равном обычно 2. Для получения более надежных данных для каждого значения K отбирается 8-10 частных проб. Оптимальное значение искомой величины определяется графическим путем, как точка перегиба кривой наблюдаемых погрешностей в содержаниях золота, 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 и то, что дубликат пробы необходимо оставлять для длительного хранения с целью проведения повторного анализа некоторых из них, для контроля или дополнительных определений на сопутствующие компоненты.

Значения коэффициента K в уравнении $Q = K \cdot d^a$ для схемы обработки рядовых геологических проб, отобранных из руд, характеризующих различной неравномерностью распределения и крупностью золота, приведены в табл. 12.

Таблица 12
Рекомендуемая величина коэффициента K

Характеристика руд	Величина коэффициента K
Неравномерное распределение золота (золото мелкое — в основной массе до 0,1 мм)	0,2
Весьма неравномерное распределение золота (золото средней крупности — не более 0,5–0,6 мм)	0,4
Крайне неравномерное распределение золота (золото крупное — основная его масса крупнее 0,5–0,6 мм)	0,8–1,0

Необходимо, однако, указать, что в том случае, когда вся исходная проба дробится (измельчается) до крупности частиц материала лабораторной пробы, равной 1 мм, выбор коэффициента K путем опытного определения теряет практический смысл.

Для повышения экономической эффективности обработки проб и оперативного получения результатов анализов необходимо иметь на месте разведки механизированную проборазделочную лабораторию. При дроблении геологических проб используются щековые и валковые дробилки, дисковые и вибрационные истиратели, позволяющие последовательно доводить материал обрабатываемой геологической пробы для лабораторных анализов с величиной частиц — 0,074 мм.

Каждую технологическую линию для обработки материала бороздовых и керновых проб, включающего куски руды размером более 50–70 мм, целесообразно комплектовать из щековых ДЛЩ 80×150 и валковых ДВ 200×125 дробилок, а также истирателей ИДА-175, ИДА-250, ЦИ-05, ЦИ-03, ЛДИ-60 и др. Они обеспечивают дробление материала геологических проб соответственно до крупности его частиц 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 для специальных исследований могут применяться вибрационные стаканчиковые истиратели различного типа ИВ-2, ИВ-микро, позволяющие получать материал с крупностью частиц до 50–100 микрон. С этой же целью возможно также использовать лабораторные шаровые и стержневые мельницы (40 МЛ, 84 А-МЛ) [23]. В процессе соответствующих стадий обработки дробленый материал пропускается через специальные грохота или сита с отверстиями ячеек от нескольких сантиметров до 0,074 мм. Перемешивание материала обрабатываемых проб на разных стадиях обычно осуществляется вручную, а сокращение вручную или с помощью специальных делителей.

Масса и степень измельчения рядовой геологической пробы, необходимые для аналитических работ, определяются в зависимости от вида полезного ископаемого и метода анализа. Рядовые геологические пробы обрабатываются в соответствии с методическими материалами НСАМ о порядке

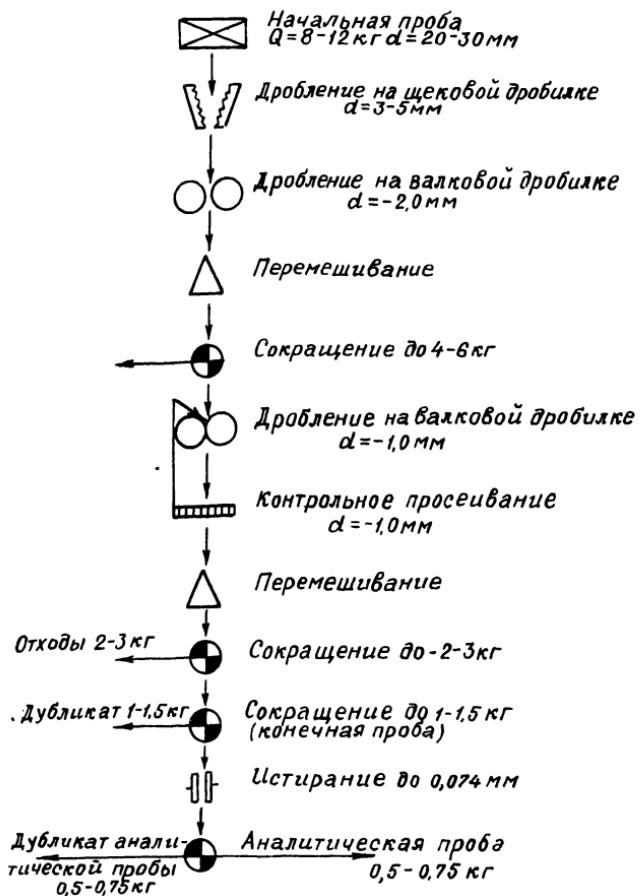


Рис.18. Примерная схема обработки геологической пробы
 d — диаметр наиболее крупных частиц материала пробы, мм

приема и оформления в лабораториях Мингео СССР проб, направляемых на количественный анализ.

Для выполнения внутреннего и внешнего геологического контроля, внешнего лабораторного контроля и арбитражного контроля от аналитической пробы отбирается дубликат (рис.18), масса которого составляет половину массы аналитической пробы [30].

Дубликаты лабораторной и аналитической проб в обязательном порядке подлежат хранению в соответствии с «Инструкцией по учету и хранению геологических коллекционных материалов в учреждениях и организациях системы Мингео СССР». До окончания разведки месторождения и выяснения его промышленной ценности дубликаты проб хранятся в организации, осуществляющей его разведку.

Применяемая методика обработки проб исходит из допустимости равномерного измельчения как рудных, так и безрудных компонентов материала пробы. Для большинства месторождений различных полезных ис-

копаемых это условие обычно соблюдается, чем обеспечивается достаточное качество обработки проб и надежность отбираемых для анализа навесок.

При обработке золотых руд имеет место различие физико-механических свойств золота и остальной части материала пробы. Измельчение золота, обычно находящегося в рудах в самородном виде и представляющего собой ковкий металл, по сравнению с кварцем и другими нерудными компонентами пробы, идет значительно медленнее и по достижении размеров зерен порядка 0,15 мм практически приостанавливается.

Следует также иметь в виду, что хотя золото, как правило, представлено в рудах в виде зерен крупностью от микронов до десятых долей мм, на многих месторождениях встречается и более крупные его зерна (до 1 мм и более). Число их обычно невелико (1-3%), однако в них сосредоточена значительная часть металла (до 40-70%) разведуемых месторождений.

Такое распределение золота и его высокая сопротивляемость измельчению приводит к тому, что крупные и средние его зерна на последних стадиях обработки, когда масса проб становится малой, не попадают в навески и, следовательно, создаются предпосылки для систематического занижения содержания золота в рудах.

Устранение погрешностей такого порядка необходимо осуществлять обработкой проб с предварительным измельчением золота промывкой после измельчения всего материала исходных проб до 0,2-0,5 мм (до начала их сокращения) и отдельно учитывать крупные и средние его зерна, которые затрудняют обработку проб и являются причиной значительных погрешностей опробования. В этом случае содержание металла в пробы вычисляется по извлечению крупных частиц золота, отнесенных к начальному весу пробы, и данным пробирного анализа (в сумме).

Обработку проб с предварительным извлечением золота необходимо применять при опробовании месторождений, в рудах которых содержится крупное и среднее (0,5 мм и более) золото. На месторождениях с прожилково-вкрашенными рудами, которые характеризуются наличием крупного золота и имеют значительные запасы руд с низкими, на грани промышленных, содержаниями, применение такой методики может способствовать повышению надежности результатов опробования [28].

Вопрос о целесообразности обработки проб с предварительным извлечением золота, особенно при разведке новых месторождений, следует решать на основе результатов опытных работ. На месторождениях, руды которых характеризуются мелким золотом, обработку проб с предварительным извлечением проводить не рекомендуется.

Обработку проб с предварительным извлечением золота рекомендуется осуществлять в соответствии с «Методическими рекомендациями по обработке геологических проб золоторудных месторождений».

Схема обработки золоторудных проб с предварительным извлечением металла включает следующие операции:

- измельчение до -0,5 мм всего материала пробы (без сокращения);
- взвешивание измельченного материала пробы с точностью $\pm 0,05$ кг;
- извлечение освободившегося золота гравитационным способом на аппаратах и установках, предназначенных для лабораторного обогащения руды с получением концентрата, массой 30-50 г;

— сокращение (опробование) хвостов гравитации.

Концентрат и проба хвостов гравитации анализируются отдельно. Среднее содержание в пробе рассчитывается методом средневзвешенного.

Исследования и анализ результатов обработки проб с предварительным извлечением, выполненные в ЦНИГРИ, указывают на то, что при обработке проб со средним и крупным золотом средние содержания по представительным выборкам проб повышаются на 5-10 % по сравнению с традиционными схемами обработки и анализа проб.

3.2. ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ ПРОБ

В настоящее время основные трудоемкие операции при обработке проб (дробление и измельчение) полностью механизированы. При традиционных способах обработки проб, когда материал пробы проходит последовательные стадии дробления, измельчения и сокращения массы лабораторной пробы, обычно используется технологическая цепочка, включающая ряд соответствующих механизмов.

Для крупного дробления материала геологических проб (5-10 мм) используются щековые дробилки различных марок (ДЛЩ 80×150, ДЛЩ 100×150 и др.).

Основные технические данные дробилки ДЛЩ 80×150:

- производительность в зависимости от крепости руды, кг/ч 280-1000;
- размеры приемного окна, мм ширина 80, длина 150;
- наибольший размер загружаемых кусков, мм 70;
- мощность электродвигателя, квт 1,5;
- масса, кг 195.

Доизмельчение материала проб до крупности минус 1 мм производится в валковых дробилках ДВ 200×125, состоящих из двух цилиндрических валков, врачающихся навстречу друг другу.

Техническая характеристика лабораторной валковой дробилки ДВ 200×125:

- размер валков, мм диаметр 200, длина 125;
- максимальная крупность кусков загружаемого материала, мм 100;
- крупность потока, мм 0,10;
- мощность, квт 1,5;
- масса, кг 410.

Для более тонкого измельчения материала пробы (до -0,05-0,07 мм) используются дисковые истиратели.

Дисковые истиратели состоят из неподвижного и подвижного дисков, в пространство между которыми поступает рудный материал с максимальным размером зерен 2-3 мм. Промышленностью выпускается ряд дисковых истирателей (ЛДИ-209, ЛДИ-60, ИДА-175, ИДА-250 и др.).

Техническая характеристика дисковых истирателей ИДА-175 и ЛДИ-60м:

	ИДА-175	ЛДИ-60м
— производительность, кг/ч	40	
— масса загружаемой пробы, г	500	10-300
— крупность материала, мм, не более	2	2
— крупность измельченной пробы, мм	0,074	0,074

— потребляемая мощность, кВт	1,7	0,37
— масса, кг	89	14

Для тонкого измельчения ($-0,074$) могут быть использованы также вибрационные истиратели (75 ТДРМ, ВИ-2 и др.), шаровые (40 МЛ) и стержневые мельницы, центробежные истиратели (ЦИ-0,5, ЦИ-0,3) либо микроступка «Микрон», технические данные которых примерно одинаковые с данными дисковых истирателей.

Просеивание, перемешивание и сокращение проб обычно производится вручную. Однако и эти операции могут быть механизированы. Так, для просеивания могут быть с успехом использованы механические ситовые анализаторы (236 Б-ГР, 716-ГР, УМЗ-1), а для перемешивания и сокращения проб — делители проб ДП-1 либо лабораторный сократитель проб (СПЛ). Пробы небольшой массы, раздробленные до 1 мм, могут сокращаться также на рифленых желобчатых делителях Джонса.

В последние годы для обработки геологических проб массой от 0,5 до 20 кг были разработаны и серийно выпускались специальные установки, обеспечивающие автоматическое дробление, перемешивание и сокращение материала при сохранении непрерывности процесса (АП, УОРПК). Агрегат АП (конструкция ВИТР) и установка Комаровского (УОРПК), сконструированная в объединении «Якутскгеология», использовались для комплексной обработки геологических проб (керновых, бороздовых, зандирковых и др.). Агрегат АП предназначался для обработки проб массой 1-50 кг при начальной крупности их материала не более 70 мм и получения после конечного дробления материала с частицами размером не более 0,074 мм. Производительность агрегата АП достигала 30-70 геологических проб в смену в зависимости от их массы и крепости горных пород.

Установка УОРПК использовалась как в полевых, так и в стационарных условиях. Максимальный размер кусков рудного материала проб, поступающих на обработку установкой УОРПК, достигал 90 мм.

Конструкция установки УОРПК позволяла совместить операции дробления, измельчения, перемешивания и сокращения пробы в одном непрерывном процессе. Отличительной особенностью установки являлось то, что все операции по обработке проб проводились в одну стадию, за один технический цикл, в сухом режиме в герметично закрытой полости. В процессе эксплуатации этих установок был выявлен ряд конструктивных их недостатков, особенно в блоках дробления, в связи с чем они были сняты с серийного производства.

Следует также указать, что охарактеризованные агрегат АП и установка УОРПК были разработаны без учета специфических особенностей физико-механических свойств золотоносных руд, а также поведения золота в процессе его измельчения при обработке проб. В связи с этим применение их для обработки проб, отобранных при разведке золоторудных месторождений, может быть осуществлено только после проведения опытных работ и тщательного анализа полученных при этом результатов.

ГЛАВА 4. КОНТРОЛЬ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО ОПРОБОВАНИЯ

4.1. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ КОНТРОЛЯ

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

Погрешности опробования сказываются не только на качественной и количественной характеристике золотого оруденения, правильном оконтурировании промышленных руд, точности подсчета запасов, но они в значительной мере определяют общую геолого-экономическую эффективность проведения текущего контроля и экспериментальных контрольных работ по выяснению надежности результатов опробования и выбору рациональной его методики, приводят к значительным ошибкам в определении качества руд и их запасов, что сильно отражается в дальнейшем при отработке месторождения.

В процессе разведки золоторудных месторождений большую роль играет своевременное выявление характера и величины погрешностей проб, возможность возникновения которых обусловливается, как правило, очень сложным строением рудных тел, характером распределения золота, размерами золотин, физико-механическими особенностями руд и другими причинами, даже при максимально тщательном и осторожном отборе и обработке проб.

В соответствии с этим комплексная оценка надежности всех видов проб, принятых при изучении месторождения, должна быть основным методом оценки результатов опробования в целом. При оценке надежности должны применяться все методы текущего контроля и экспериментальных контрольных работ, необходимые в условиях конкретных месторождений и основанные на учете как геологических, так и других факторов, в той или иной мере определяющих надежность проб.

Своевременное выявление и оценка влияния указанных факторов на надежность проб, а также принятие мер, устраняющих возможность появления погрешностей при опробовании, являются важнейшими задачами, решение которых необходимо проводить на протяжении всего геологоразведочного процесса и особенно в начальный период стадии преварительной разведки путем экспериментальных контрольных работ, когда опробование принимает систематический характер.

Экспериментальные контрольные работы должны уже в стадию предварительной разведки обеспечить решение следующих задач:

1) выбор способа отбора рядовых геологических проб с обоснованием их параметров, а также технологии пробоотбора, обеспечивающего надежность определения содержания полезного компонента в рудах и выявление морфологии, мощности, внутреннего строения рудных тел месторождения;

2) исключение возможности возникновения систематических погрешностей при опробовании основного типа рудных тел месторождений.

В практике разведки экспериментальные работы с этой целью проводятся нередко только на стадии детальной разведки, зачастую в ее заключительный период, когда запасы месторождения уже подготавливаются к утверждению в ГКЗ СССР. В связи с этим внесение каких-либо изменений в методику опробования, способствовавших бы повышению надежности рядовых проб, не представляется возможным, так как все это требует больших объемов переопробования разведочных выработок или проведения специальных экспериментальных заверочных работ для обоснования введения поправочных коэффициентов в результаты прежнего опробования.

Следует отметить также, что даже в тех случаях, когда экспериментальные работы выполнены в начальный период разведки, методика их выполнения носит часто формальный характер, а обработка данных опробования ограничивается применением математико-статистических приемов для выявления величин и характера расхождений по сопоставляемым рядам основных и контрольных (эталонных) проб. Методика таких работ не всегда предусматривает проведение тщательной и детальной геологической документации в интервалах основного и контрольного опробования, что значительно снижает качество геологической интерпретации данных контрольных и рядовых проб и, как результат, не расшифровывается геологическая природа этих расхождений.

Поэтому выявление характера и величины погрешностей, свойственных применяющимся при разведке видам проб, возможно при тщательном проведении текущего контроля и экспериментальных контрольных работ, сопровождающихся детальными геологическими наблюдениями, и обобщении всех имеющихся материалов, касающихся опробования месторождения.

Помимо решения указанных задач экспериментальные контрольные работы позволяют также испытывать другие, более надежные и производительные для условий конкретного месторождения, способы отбора проб, обеспечивающие получение результатов, не подверженных влиянию систематических погрешностей.

В целом контроль геологического опробования включает следующие мероприятия:

- систематический контроль за соблюдением методики и технологии отбора проб;
- контроль обработки проб с оценкой характера и величины возможных при этом погрешностей;
- геологический контроль качества аналитических работ;
- экспериментальные контрольные работы.

Экспериментальные работы проводятся с целью:

- а) оценки надежности применяемых или рекомендуемых способов отбора проб;
- б) выбора оптимальных параметров рядовых геологических проб;
- в) обоснования рациональной системы опробования;
- г) обоснования поправочных коэффициентов к данным рядового опробования (при необходимости их введения).

4.2. КОНТРОЛЬ ОТБОРА ПРОБ

Учитывая, что надежность проб и представительность опробования в целом определяют качественную и количественную оценку руд разведуемого месторождения и дальнейшую рациональную эксплуатацию объекта, необходимо систематически контролировать процесс проботбора. Так как качество отбора проб и соответственно их надежность определяются целым рядом геологических и методико-технологических факторов, то в ходе всего выполнения геологоразведочных работ следует осуществлять текущий контроль:

- соответствия расположения проб и их параметров (размеров сечения, длины секции) условиям залегания, морфологии, внутреннему строению и изменчивости рудных тел;
- равномерности отбора материала по всей длине линейных проб с соблюдением постоянства их сечений;
- соответствия фактической массы отбираемых проб их теоретической массе;
- правильности маркировки проб и ведения технической документации (журналы опробования и т.п.);
- сохранности проб в процессе их транспортировки от места отбора до лаборатории.

Контроль за качеством отбора проб в горных выработках и из керна скважин, а также за ведение технической документации в процессе опробования осуществляется геологическим персоналом организации, ведущей разведку месторождения.

Все геологические пробы следует отбирать под непосредственным контролем и наблюдением техника-геолога или геолога. После окончания отбора проб геологами осматриваются опробованные поверхности каждой горной выработки и проверяются фактические положения проб в соответствии с особенностями строения рудного тела. Качество отбора геологических проб проверяется по оставшимся следам проб на стенах и забоях горных выработок.

Контроль за процессом опробования в целом осуществляется старшим или главным геологом путем оценки сходимости фактической массы отбираемых проб с их теоретической (расчетной) массой по журналам опробования, соответствия интервалов опробования с геологическим строением рудного тела и характером оруденения на основе первичной геологической документации (фотодокументации) горных выработок, где отобраны пробы, правильности ведения и заполнения документов, составляемых при опробовании и т. д.

Если в процессе общеобязательных мероприятий по контролю отбора проб выявится неправильное положение отобранных проб по отношению к рудного тела, неравномерность отбора их материала по всей длине, несоблюдение принципа секционного отбора проб или значительные отклонения (10-20%) фактической массы от теоретической, то такие пробы бракуются и в соответствующих интервалах отбираются повторно новые пробы (табл. 13).

Таблица 13

Начальная масса бороздовых проб, отбираемых в горных выработках с 1 м борозды
(объемная масса руды 2,6)

Способ отбора проб	Сечение проб, см	Теоретическая масса пробы, кг	Допустимые отклонения между фактической и теоретической величинами массы проб, %
Бороздовый — ручная отбойка	5×3 10×3 10×5	3,9 7,8 13,0	± 10-20
Механизированная вырезка «щелевых» проб	2×3 3×5	1,6 3,9	

4.3. КОНТРОЛЬ ОБРАБОТКИ ПРОБ

Большое внимание в процессе опробования должно быть уделено контролю, осуществляющему с целью оценки качества обработки проб. Оценка качества обработки проб может быть выполнена путем выявления:

- возможного избирательного выноса материала при работе вытяжной вентиляции;
- правильности и точности сокращения проб;
- степени загрязнения обрабатываемых проб материалом предыдущих проб;
- характера и величины погрешностей, допускаемых при обработке проб.

В практике обработки проб в ряде случаев отмечается заметное обогащение проб за счет выноса безрудных частиц с малой удельной массой при наличии мощной вытяжной вентиляции. Для количественной оценки погрешностей, возникновение которых связано с указанным фактором, периодически (один раз в квартал) в течение смены осуществляют сбор, взвешивание и анализ всей выносимой вентиляторами пыли. Одновременно фиксируются номера и масса обработанных за смену проб. Сравнение масс и содержаний, установленных по собранной пыли, вынесенной вытяжной вентиляцией при обработке проб, характеризует величину погрешностей за счет выноса материала при вентиляции.

В целях выявления возможного засорения обрабатываемых проб материалом предыдущей пробы периодически рекомендуется пропускать через тщательно очищенное оборудование (дробилки, измельчители, делители и т. д.) материал, не содержащий золото, который затем направляется в лабораторию на конкретный анализ. Правильность сокращения про-

бы проверяется контрольным взвешиванием сокращенной пробы, масса которой затем сравнивается с ее расчетной массой.

Кроме систематического текущего контроля обработки проб, проводимого с целью предупреждения возможных случаев обогащения одних проб за счет других, необходимо осуществлять специальный контроль обработки проб с целью выявления возможных случайных или систематических погрешностей.

Для выявления величины случайной погрешности обработки проб проводятся испытания над 25-30 пробами, отобранными в процессе опробования или специально для проведения контрольных испытаний. Каждая из отобранных проб измельчается до степени крупности, которая предусматривается на первом этапе дробления схемой обработки рядовых геологических проб. После этого она тщательно перемешивается и делится путем квартования или делителем Джонса на две равные части. Затем каждая из выделенных частей обрабатывается как самостоятельная пробы по той же схеме и при том же значении K уравнения $Q = K \cdot d^2$, которое принято при обработке рядовых геологических проб. Полученные в результате этого две опытные пробы направляются на анализ в ту же лабораторию, где анализируются и рядовые пробы.

Результаты испытаний по каждой паре равных частей пробы сводятся в виде таблиц и обрабатываются по методике обработки данных внутреннего контроля. По рядам соответствующих частей проб вычисляют величины среднего содержания по контролируемым и контрольным пробам, а затем среднеквадратическую погрешность.

Точность обработки проб считается достаточной, если выявленная испытаниями средняя погрешность обработки и анализа составляет не более 15-20%. Если погрешность превышает эту величину, то надежность обработки проб признается недостаточной. В этом случае с целью повышения качества обработки проб следует увеличить величину коэффициента K , изменить схему обработки и проверить ее новыми испытаниями.

Для выявления возможных систематических погрешностей обработки проб проводят испытания, при которых собирают остатки (отходы) сокращения достаточно большого количества (не менее 40-50) рядовых обрабатываемых проб. Затем эти остатки объединяют в одну пробу, которая используется в качестве контрольной. Контрольная пробы и рядовые пробы анализируются в той же лаборатории, что и пробы, отобранные в процессе разведочных работ. После получения результатов анализа данные контрольной пробы (C_k) сравниваются с результатами анализа отдельных контролируемых проб (C). Результаты сравнения данных анализа рядовых и контрольных проб ($\Delta = C - C_k$) сводятся в таблицу и обрабатываются по методике, принятой при обработке данных внешнего геологического контроля работы химической лаборатории.

Если результаты испытаний установят наличие систематической погрешности обработки проб, необходимо немедленно принять меры по улучшению качества выполнения всех операций обработки.

Все контрольные операции особенно важны при обработке проб руд с невысоким содержанием золота (до 5 г/т), когда возрастает вероятность непопадания в конечную лабораторную пробу наиболее крупных золотин. В этом случае с целью оценки эффекта влияния крупного золота

предлагается проводить эксперименты по методу "плавки" всего материала пробы, суть которого заключается в следующем.

Проба массой m кг обрабатывается и сокращается таким образом, чтобы получить из нее несколько n лабораторных проб массой в 1 кг. Из каждой лабораторной пробы отбирается (методом вычерпывания) 20 на весок по 50 г, то есть плавке подвергается практически вся масса лабораторной пробы. В результате получают истинное содержание компонента исходной пробы (среднее содержание из всех навесок), а также содержание в каждой лабораторной и сокращенной пробе. Сопоставление полученных результатов позволяет выявить ошибки на всех стадиях обработки пробы. Обработка результатов эксперимента производится с использованием аппарата дисперсионного анализа, что дает возможность выделить величины погрешностей, связанных с отдельными стадиями обработки пробы.

4.4. КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА АНАЛИЗОВ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

В связи с тем, что анализами проб в конечном итоге характеризуются результаты опробования месторождения, тщательному контролю подвергаются данные анализов геологических проб, по которым устанавливается содержание золота и других полезных компонентов в руде. Геологический контроль качества аналитических проб проводится геологическим персоналом организации, ведущей геологоразведочные работы. Он осуществляется независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения.

Геологический контроль качества анализов проб, выполняющихся основной лабораторией, подразделяют на внутренний, внешний и арбитражный. Контроль результатов анализов должен проводиться регулярно (ежемесячно, ежеквартально) на протяжении всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов рядовых и групповых проб, выполненных как на золото, так и на попутные компоненты и вредные примеси независимо от того, участвуют или нет в подсчете запасов результаты этих проб.

Внутренний геологический контроль, предназначенный для выявления фактических величин случайных погрешностей анализов и соответствия их предельно допустимым среднеквадратическим погрешностям (относительным), регламентируемым инструкцией ГКЗ СССР по применению классификации запасов к коренным месторождениям золота, проводится путем анализа зашифрованных контрольных проб в той же лаборатории, которая выполняет анализы основных геологических проб, и по той же методике, которая применяется для их анализа. 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 основных лабораторных (аналитических) проб, то они должны быть распределены по возможности равномерно по типам руд и сортам. В том случае, когда выбор проб для контрольных анализов затруднен в связи с тем, что тип

или сорт руды можно установить только по результатам опробования, то их отбирают после получения результатов анализов основных проб. Контрольные лабораторные (аналитические) пробы, не переданные на анализ для внутреннего контроля, необходимо хранить с целью возможного использования их для дополнительных внутренних контрольных анализов.

Внешний геологический контроль, осуществляемый для выявления наличия или отсутствия систематических погрешностей в работе основной аналитической лаборатории, проводится путем анализа дубликатов аналитических проб в контролирующих лабораториях (утвержденных Мингео СССР), имеющих достаточный опыт выполнения анализов на золото и попутные компоненты. Анализами внешнего контроля должны быть по возможности равномерно охарактеризованы все сорта и типы руд. Пробы для внешнего геологического контроля отбираются из дубликатов аналитических проб.

Анализы для внешнего контроля выполняют в одной и той же контролирующей лаборатории. На проведение внешнего геологического контроля 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 $3 S_r$.

При направлении проб на внешний контроль результаты рядовых анализов не сообщают контролирующей лаборатории, но обязательно указывают метод анализа и минералогическую характеристику проб с тем, чтобы контролирующая лаборатория могла выбрать наиболее рациональный метод анализа.

В контролирующей лаборатории анализы должны выполняться по всесторонне проверенной надежной методике со 100%-ным внутрилабораторным контролем.

Рекомендуется также контролировать качество работы основной лаборатории анализом стандартных образцов состава (СОС), изготовленных из материала руд разведываемого месторождения. Стандартные образцы передаются на анализ в зашифрованном виде. При этом объем внешнего контроля может быть уменьшен.

Внутренним и внешним геологическим контролем должны охватываться результаты анализов рядовых и групповых проб, характеризующих существующие на месторождении типы руд с различным уровнем содержания золота. В обязательном порядке внутреннему контролю подвергаются анализы всех проб, показавших аномально высокие содержания золота в руде (так называемые "ураганные" пробы).

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

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

Так как очень 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.

В пределах одного и того же типа руд погрешности лаборатории, выполняющей анализы, обычно зависят от содержания золота в рудах. Поэтому при обработке результатов внутреннего и внешнего контроля анализов пробы каждого типа руд следует обязательно разделять по величине содержания в них золота на классы и вычислять размер погрешности для каждого класса содержаний в отдельности.

Результаты анализов при внутреннем геологическом контроле обрабатываются 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 — ниже бортового содержания, 2 — от бортового до минимально-промышленного, 3 — выше минимально-промышленного, 4 — пробы с высоким содержанием) или в соответствии с инструкцией ГКЗ СССР 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 среднеквадратическую погрешность единичного определения по формуле:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^m (C_{i1} - C_{i2})^2}{2m}}, \quad (3)$$

где C_{i1} — содержание компонента, определенное по рядовому анализу i -ой пробы;

C_{i2} — содержание компонента, определенное по контрольному анализу i -ой пробы;

m — число контрольных проб;

$i = 1, 2, \dots, m$.

Затем вычисляют относительную среднеквадратическую погрешность S_r (в %) по формуле:

$$S_r = \frac{S \cdot 100 \%}{\bar{C}} ; \quad (4)$$

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{i1} + C_{i2})}{2m},$$

где \bar{C} — среднее содержание компонента в пробах по всем ($2m$) определениям.

Вычислительная относительная среднеквадратическая погрешность в соответствующем классе содержаний не должна превышать предельных значений, указанных в инструкции ГКЗ по применению классификации запасов (табл. 14).

Таблица 14
Величина предельно допустимых среднеквадратических погрешностей анализов (%) по классам содержаний

Содержание, г/т	Для руд с золотом до 0,1 мм, главным образом в сульфидах	Для руд с золотом до 0,6 мм в сульфидах и кварце	Для руд с крупным, частично видимым золотом, главным образом в кварце
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
0,5	30	30	30

В противном случае результаты анализов лаборатории для данного класса бракуются, и все пробы этого класса подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. При этом в лабораторию, проводившую анализ рядовых проб, сообщают о забраковании результатов анализов данного класса для выяснения причин брака.

Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от классов, представленных в инструкции ГКЗ, то величины предельных значений относительных среднеквадратических погрешностей находят интерполяцией.

Результаты 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.

Обработка результатов внешнего геологического контроля с целью предварительного и оперативного выявления наличия или отсутствия систематической погрешности для каждого выделенного класса содержаний может проводиться по способу, предложенному П.Л.Каллистовым [24]. В этом случае определяются отклонения между содержанием основного (C_o) и контрольного (C_k) анализов ($C_o - C_k$) с учетом знака. Затем по этим данным, сведенным в таблицы, подсчитывается количество положительных (M_+), отрицательных (M_-) значений отклонений между результатами основных и контрольных анализов и количество случаев равенства результатов (M_0).

Когда выявляется подавляющее преобладание положительных или отрицательных значений отклонения, имеется основание сомневаться в результатах основных анализов и предполагать существование системати-

ческой ошибки в сторону завышения или занижения. Это, однако, не значит, что наличие систематической ошибки считается доказанным.

Для выявления наличия или отсутствия систематической ошибки следует оценить вероятность появления наблюдаемого соотношения количеств положительных (M_+) и отрицательных (M_-) значений отклонения методами математической статистики. С этой целью количество случаев равенства содержаний (M_0) распределяется между количеством положительных (M_+) и отрицательных (M_-) значений отклонения пропорционально их соотношению и таким образом, вычисляют исправленные величины их количеств (частостей): ($M_{+исп.}$) и ($M_{-исп.}$)

$$M_{+исп.} = M_+ + \frac{M_+ \cdot M_0}{M_+ + M_-}; \quad (5)$$

$$M_{-исп.} = n - M_{+исп.},$$

где n — количество пар сопоставляемых результатов анализов.

Затем определяют величину квантиля вероятности (t) при $P = q = 0,5$ и $P + q = 1$

$$t = \frac{M_{исп.} - \frac{n}{2}}{\sqrt{P q n}}; \quad t = \frac{M_{исп.} - \frac{n}{2}}{\sqrt{0.25 n}} \quad (6)$$

где $M_{исп.}$ — исправленная величина преобладающих значений отклонения ($M_{+исп.}$) или ($M_{-исп.}$),

P — вероятность появления положительного отклонения,

q — вероятность появления отрицательного отклонения,

n — количество пар сопоставляемых проб.

При оценке результатов внешнего контроля доказательством наличия систематической погрешности анализов можно считать получение величины t , равной 2,33 (вероятность $P=0,98$), когда вычисленная величина t больше 1,65 (вероятность $P=0,95$), но меньше 2,33, 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.

Значимость систематических расхождений, выявленных в процессе оценки качества анализов геологических проб в соответствии с методикой, рекомендуемой в методических указаниях НСАМ, необходимо оценивать с помощью t -критерия (распределение Стьюдента), критерия "ничтожной погрешности", критерия знаков, построения корреляционных графиков и т. п. [30].

Параметры обработки данных внешнего контроля анализов по методике, предложенной П.Л.Каллистовым, и методике, рекомендуемой методическими указаниями НСАМ, приведены в табл. 15.

Таблица 15

Обработка данных внешнего геологического контроля

Исходные данные				По методике Г.Л. Каллистова [24]				По методике НСАМ [30]			
Содержание по основным признакам X, Y, r/T		X-Y = d _i , r/T		Оценка значимости систематического расхождения		d _i - d̄ · (d _i - d̄) ²		d̄ = d _{абс.} = -0,91 d̄ _{отн.} = -75,8%		Оценка значимости систематического расхождения	
2,4	2,5	-0,1	(класс содержания полезного компонента в пробах - 0,0-4,0/r/T)	+0,8	-0,64	+0,8	-0,64	+0,9	-0,81	+0,9	-0,81
0,8	0,8	0,0		+0,9	-0,81	+0,6	-0,36	+0,6	-0,49	+0,6	-0,49
-1,0	-1,3	-0,3		+0,6	-0,36	+0,7	-0,49	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
2,6	4,7	-1,1		+0,7	-0,49	+1,9	-1,44	+1,3	-1,69	+1,3	-1,69
1,2	1,5	-0,3		+1,1	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,5	0,2	0,3		+1,2	-1,44	+1,3	-1,44	+1,3	-1,44	+1,3	-1,44
2,4	2,1	-0,4		+1,3	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
1,0	0,4	0,4		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,8	0,4	-0,4		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
3,0	3,6	-0,6		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
2,4	2,7	-0,3		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,4	0,6	-0,2		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,6	0,9	-0,3		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,1	0,1	-0,1		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,1	1,8	-1,8		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
1,6	1,6	-0,5		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
1,4	1,4	-0,5		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
2,2	2,1	-0,5		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,3	0,3	-0,2		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
-1,4	-1,4	-1,2		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,4	0,4	0,1		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,6	0,6	0,2		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,5	0,5	0,4		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
1,8	2,4	-0,6		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
1,4	1,4	-1,3		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
3,6	3,2	-0,4		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
0,8	8,5	-7,7		+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44	+1,2	-1,44
$\sum x_i = 36,1$				$\sum y_i = 62,6$	$M(+исл.) = 12,9$	$M(-исл.) = 15$	$M(-исл.) = 16,1$	$\sum (+) = +4,4$	$\sum (-) = -30,9$	$\sum (+) = -26,5$	$\sum (-) = -392,71$
$\bar{x} = 2,1$				$t_{\text{эксп.}} = \frac{\sqrt{n}(\bar{d}_i - \bar{d})}{S_d} = \frac{\sqrt{28}(-0,91 - -75,8)}{3,74} = 3,74$	$t_{\text{эксп.}} < t_{\text{теор.}}$	Следовательно, систематическое расхождение незначимо					
$\bar{y} = 2,1$				$t_{\text{эксп.}} = \frac{0,91 \cdot \sqrt{29}}{3,74} = 1,31$	$t_{\text{эксп.}} < t_{\text{теор.}}$						

 $10^* - 2688$

Продолжение табл. 15

Исходные данные		По методике П.Л.Каллистрата [24]		По методике НСАМ [30]	
Содержание по основным проблемам X , г/т	Содержание по контрольным проблемам Y , г/т	$X - Y - d_i$, г/т	Оценка значимости систематического расхождения	$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
4,0	4,4	-0,4	(класс содержаний полезного компонента в пробах — 4,0—16,0 г/т)	-1,3	1,69
7,0	6,2	+0,8		0,01	0,01
13,2	12,8	+0,4		0,25	0,25
12,0	11,9	+0,1		0,64	0,64
9,8	8,1	+0,5		0,16	0,16
4,6	4,1	+0,5		7,29	7,29
4,0	5,8	-1,8		0,25	0,25
13,4	12,0	+1,4		1,96	1,96
10,0	10,5	+0,5		0,99	0,99
8,6	7,4	+1,2		+1,79,66	+1,79,66
				1,00	1,00
				0,0	0,0
				-2,9	-2,9
				+1,4	+1,4
				8,40	8,40
				1,96	1,96
				+1,34	+1,34
				+1,0	+1,0
				-1,78	-1,78
				$\sqrt{\frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 25}{n}} = +0,9$	$\sqrt{\frac{0,5 \cdot 0,5 \cdot 25}{n}} = +0,9$
				$\sum_{(x-y)} +26,1$	$\sum_{(x-y)} +26,1$
				$d_{\text{абс.}} = \frac{n}{29} = 0,9$	$d_{\text{абс.}} = \frac{n}{29} = 0,9$
				$d_{\text{отн.}} = \frac{d_{\text{абс.}} \cdot 100\%}{X} = +0,9 \cdot 100 = 8,4$	$d_{\text{отн.}} = \frac{d_{\text{абс.}} \cdot 100\%}{X} = +0,9 \cdot 100 = 8,4$
				$+10,7\%$	$+10,7\%$
				$t < 2,33 \text{ но } > 1,65$	$t < 2,33 \text{ но } > 1,65$
				Основные анализы следует взять под сомнение и увеличить число контрольных анализов	Основные анализы следует взять под сомнение и увеличить число контрольных анализов
				$M(+исп.) = 18$	$M(+исп.) = 18$
				$M(-исп.) = 9$	$M(-исп.) = 9$
				$M(o) = 2$	$M(o) = 2$
				$\sum_{xi=243,0} \sum_{yi=261,9} M(+исп.) = 19,3$	$\sum_{xi=243,0} \sum_{yi=261,9} M(+исп.) = 19,3$
				$M(-исп.) = 9,7$	$M(-исп.) = 9,7$
				$M(o) = 2$	$M(o) = 2$
				$\sum_{(x-y)} +26,1,1$	$\sum_{(x-y)} +26,1,1$
				$\bar{y} = 7,5$	$\bar{y} = 7,5$
				$M(+исп.) = -9,7$	$M(+исп.) = -9,7$
				$M(-исп.) = +26,1$	$M(-исп.) = +26,1$
				$\sum_{(x-y)} -9,7$	$\sum_{(x-y)} -9,7$
				$M(o) = -2$	$M(o) = -2$
				$\sum_{xi=8,4} \sum_{yi=8,4} M(+исп.) = -240,40$	$\sum_{xi=8,4} \sum_{yi=8,4} M(+исп.) = -240,40$

$\bar{d} = d_{\text{абс.}} - 0,9$
 $d_{\text{отн.}} = +10,7\%$

$t_{\text{экспл.}} = \frac{1 \cdot \sqrt{n}}{Sd}$,
где $Sd = \sqrt{\frac{\sum (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$ $\sqrt{\frac{240,4}{29-1}} = 2,93$

$t_{\text{экспл.}} = \frac{0,9 \cdot \sqrt{29}}{2,93} = 1,65$

Систематические расхождения незначимы

Следовательно, для уровня значимости 0,05 (95%-ная доверительная вероятность) при $n=28$ величина $t_0,05$ составляет 2,05, т.е.

$t_{\text{экспл.}} < t_{\text{теор.}}$

Помимо рекомендуемых способов выявления систематических погрешностей существуют и другие способы обработки данных методами математической статистики, предложенные Н.В.Барышевым и Б.Я.Юфа.

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 в основной и контролирующей лабораториях вычисляют значения систематического расхождения с учетом его знака по формулам:

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^m (C_{iO} - C_{ik})}{2m} \quad (7)$$

$$C_{ik} = \frac{C_{iO} + C_{ik}}{2}; \\ dr = \frac{\bar{d} \cdot 100\%}{C_O} \quad (8)$$

$$C_O = \frac{\sum_{i=1}^m C_{iO}}{m}$$

где \bar{d} — систематическое расхождение в абсолютных единицах (г/т);
 dr — относительное систематическое расхождение, выраженное в процентах;
 C_{iO} — содержание компонента в i -той пробе, определенное в основной лаборатории (рядовой анализ);
 C_{ik} — содержание компонента в i -той пробе, определенное в контролирующей лаборатории (среднее из двух определений);
 \bar{C}_O — средняя концентрация компонента в классе содержаний в пробах по определениям основной лаборатории;
 i — число контрольных проб, $i=1, 2 \dots m$.

При обнаружении систематических погрешностей должен проводиться арбитражный контроль.

Арбитражный контроль осуществляется для окончательного суждения о наличии систематической погрешности. Для этого используются хранящиеся в лаборатории дубликаты аналитических проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты основных и внешних контрольных анализов.

Назначение арбитражного контроля состоит в следующем:

- выявление лаборатории (основной или контролирующей), допускающей систематические погрешности в анализах;
- установление причин систематических расхождений и разработка мероприятий по устранению этих причин;

- в) уточнение величины систематической погрешности;
 г) решение вопроса о необходимости введения поправочных коэффициентов в результаты рядовых анализов геологических проб.

Арбитражные контрольные анализы проводятся лабораториями, на которые Мингео СССР возложено их проведение. Количество арбитражных анализов определяется в каждом конкретном случае в зависимости от особенностей руд месторождения, представительности выборки конкретных анализов и величины возможных поправочных коэффициентов, но не менее 30–40 проб на класс содержаний, по которому выявлены систематические расхождения.

При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, необходимо включить их в зашифрованном виде в партию, сдаваемое на арбитражный контроль. Для каждого СОС должно быть получено не менее 10–15 результатов анализов. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

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

Результаты анализов арбитражного контроля сравниваются с результатами анализов основной лаборатории и лаборатории, выполнившей 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, выполнившей основные или внешние контрольные анализы.

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

Поправку в результаты основных анализов вносят следующим образом:

$$C_{i_0 \text{ исп.}} = K \cdot C_{i_0}, \quad (9)$$

$$\text{где } K = \frac{100 - \bar{d}_r}{100};$$

$C_{i_0 \text{ исп.}}$ — исправленный результат основного анализа i -той пробы;

C_{i_0} — содержание компонента в i -той пробе, определенное в основной лаборатории (рядовой анализ);

$\frac{K}{d_r}$ — поправочный коэффициент;

\bar{d}_r — относительное систематическое расхождение результатов основных анализов для данного класса содержаний, %.

Величину систематического расхождения d_r результатов основных и арбитражных анализов рассчитывают по формулам (7), (8).

При расчете поправочного коэффициента K необходимо учитывать знак d_r .

В том случае, если величина систематической погрешности результатов основных анализов для всех классов содержаний (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 в каждом конкретном случае рассматривается отдельно.

4.5. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ КОНТРОЛЬНЫХ (ЗАВЕРОЧНЫХ) РАБОТ

4.5.1. В горных выработках

В основе выявления надежности проб лежит заверка применяемых или испытываемых способов отбора проб более надежными способами, принятыми при проведении экспериментальных работ за эталон. Иными словами, при заверке устанавливается, насколько надежно частная геологическая пробы, отобранная с учетом особенностей геологического строения рудного тела, отражает содержания оцениваемых компонентов в руде и в ее естественном залегании (в объеме данной пробы, определяемом ее размерами) в пределах соответствующего интервала опробования.

Следует, однако, указать, что такой подход к оценке надежности проб можно считать условным, так как расхождение в результатах попарно сопряженных контролируемых и контрольных проб различного сечения обусловлено в большой мере природной изменчивостью содержания в рудном теле, чем размерами (объемом) самих проб. При весьма высокой изменчивости содержаний в рудном теле, свойственной месторождениям золота, расхождения в результатах сопряженных проб могут быть весьма значительными. Принцип неповторимости замера содержания по пробе в месте ее отбора и отсутствие знания об истинном содержании в коренном залегании руды в объемах контролируемой и контрольной проб значительно затрудняют эмпирическую оценку погрешности заверяемых проб и соответственно их надежности.

Однако принимая во внимание (с долей условности) то положение, что эталонные большеобъемные пробы с большей надежностью характеризуют опробуемое рудное тело в отношении содержания полезных компонентов в местах их отбора, считается возможным проведение заверки указанным видом проб.

Выбор способа заверочных работ для выявления характера и величины погрешностей, а также заверочного эталона, как правило, обусловливается основными целями эксперимента, особенностями строения рудных тел, физико-механическими свойствами руд, характером распределения золота и размерами золотин, видом горных выработок, где намечено проведение работ, и масштабом разведуемого объекта.

На каждом месторождении объем проведения экспериментальных заверочных работ определяют исходя из геологических особенностей и

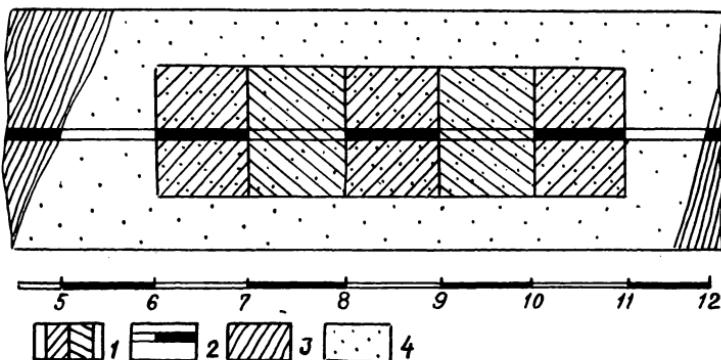


Рис.19. Схема отбора задирковых проб в секущих выработках
при контроле бородзовых проб:

1 — задирковые пробы; 2 — бородзовые пробы; 3 — вмещающие породы; 4 — рудное тело

сложности его строения, а также получения представительных данных экспериментальных работ.

При этом объем работ по проведению контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки и анализа результатов заверочных работ, на основе которых можно сделать обоснованный вывод о наличии или отсутствии систематических погрешностей опробования месторождения.

Выяснение надежности проб, отбираемых по горным выработкам и скважинам, может осуществляться прямым или косвенным способами заверки.

Наиболее широкое распространение получили прямые способы заверки рядовых геологических проб с применением в качестве эталона валовых, задирковых и бородзовых проб большого сечения. Эти виды проб, отбираемых с тех же интервалов, что и рядовые пробы, в большинстве случаев обеспечивают возможность установления характера погрешностей, воз-

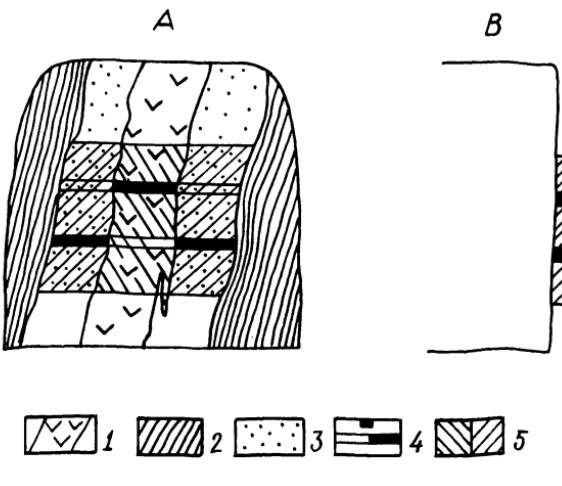


Рис.20. Пример отбора контрольных задирковых проб в забое горной выработки:

А — плоскость забоя;
Б — разрез забоя
1 — кварцевая жила; 2 — вмещающие породы; 3 — оруденелые вмещающие породы; 4 — бородзовые пробы; 5 — задирковые пробы

никающих при опробовании и получения дополнительной геологической информации об условиях локализации оруденения и особенностях распределения золота и, в конечном итоге, выбор наиболее рационального объема проб и способа их отбора [4,19].

При этих способах контроля должно соблюдаться максимальное сопряжение контрольных и контролируемых проб.

Возможными вариантами заверочных работ при разведке золоторудных месторождений могут быть следующие:

1) отбор валовых проб, расположенных сопряженно (т. е. имеющих общие плоскости соприкосновения) с бороздовыми пробами 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 должны отбираться в одних и тех же местах и быть одинаково ориентированными по отношению к направлению наибольшей изменчивости рудных тел. При этом обязательным условием является 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, но не одна в контуре другой, а параллельно друг другу при непосредственном соприкосновении их сторон;

3) отбор задирковых проб при сопряженном их расположении с контролируемыми бороздами или другими пробами. В этом случае контролируемая бороздовая пробы размещается в центральной части задирки, а ее длина в интервале опробования должна соответствовать одному из размеров заверяющей пробы, например, ширине задирки (рис. 19, 20).

К косвенному способу заверки относится сопоставление результатов контролируемого опробования с данными эксплуатации.

Этот вариант заверки на стадиях предварительной и детальной разведки, 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 содержаний

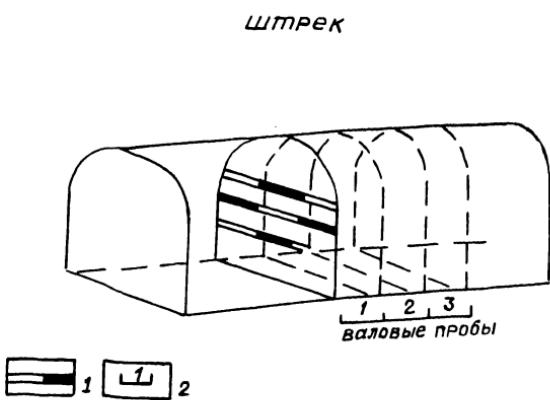


Рис.21. Схема отбора валовых проб в горной выработке прослеживания:

1 — бороздовые пробы; 2 — валовая пробы и ее номер

золота) и выяснения ряда вопросов, касающихся предстоящей отработки месторождения.

Из приведенных вариантов заверочных работ наиболее рекомендуемыми являются первый и второй. Оба они обеспечивают наиболее надежные результаты в определении содержания золота за счет возможности соблюдения более тщательного и осторожного отбора проб и обеспечения возможности сохранения их постоянного сечения.

Наиболее целесообразным применение валовых проб считается в случае выявления характера и величины систематической погрешности контролируемого вида проб при весьма неравномерном распределении золота в рудах, а также при выявлении возможности применения нового вида проб или обоснования введения поправочного коэффициента в результаты опробования.

Возможность применения валовых проб при заверочных работах определяется основными задачами, стоящими перед заверочным опробованием, характером распределения золота в рудах, а также условиями, возникающими при их отборе в горных выработках, вскрывающих рудные тела как по простианию, так и вкrest простиания. При проходке горных выработок прослеживания, когда контролируемые бороздовые или другие пробы отбираются в забоях, предпочтение валовым пробам в качестве заверочного эталона отдается в том случае, когда мощность рудного тела больше сечения горной выработки, вскрывающей его, т. е. обеспечивается поступление в эталонную пробу целиком рудного материала, содержание золота в котором она должна показать (рис. 21).

В случае прослеживания горными выработками рудных тел, мощность которых значительно меньше сечения выработок (кварцевые жилы и т. д.), применение эталонных валовых проб не рекомендуется в связи с тем, что в валовую пробу поступает вся горная масса, включающая как руды, так и вмещающие породы. Это в значительной мере затрудняет возможность определения содержания золота непосредственно только в руде.

Большую роль при выявлении возможности применения забойных валовых проб в качестве заверочного эталона играет и учет ошибок, возникновение которых может определяться приуроченностью повышенных концентраций металла к центральным или призальбандовым частям рудного тела.

Заверка валовыми пробами в горных выработках (квершлагах, ортах, рассечках), пересекающих рудные тела вкrest простиания, получила наибольшее развитие. В этом случае достигаются наилучшие условия заверки в пределах полной мощности рудного тела и выявления содержания золота в рудах по валовым пробам за счет пересечения рудных тел в направлении наивысшей изменчивости содержания металла, возможности отбора в пробу только рудного материала по всей мощности рудного тела и исключения ошибок, возникновение которых связано с преобладающей концентрацией золота в различных частях рудного тела.

При экспериментальных заверочных работах в интервалах контрольного опробования, осуществляемого эталонными валовыми пробами, необходимо предусматривать отбор на поверхностях, обнажающих рудные тела, целого ряда параллельно расположенных контролируемых бороздовых ("щелевых") или других проб до и после отбора валовых проб (рис. 22).

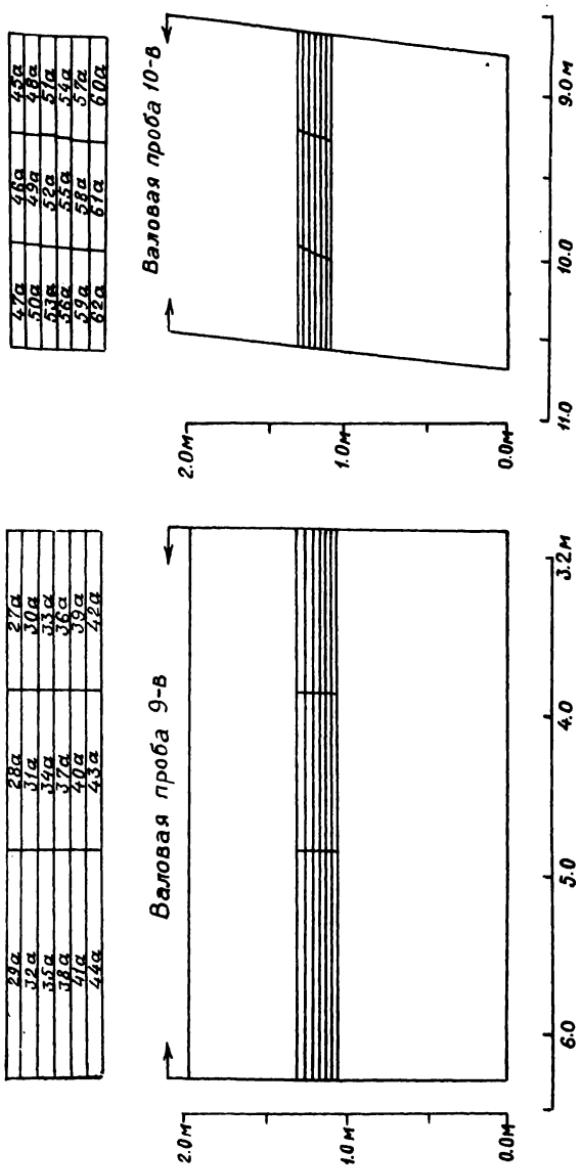


Рис.22. Схема многорядового отбора шелевых борозд пробоотборником МП 6401

В этом случае эти пробы должны быть ориентированы и иметь попечные сечения, аналогичные рядовым геологическим пробам, которые подвергаются контролю валовыми пробами. Кроме того, с целью более объективной оценки результатов заверочных работ, необходимо соблюдать полное соответствие между контуром эталонной (валовой) пробы и площадью, охватываемой контролирующими пробами.

В зависимости от типа месторождений и вида вскрывающих их горных выработок (прослеживающие и секущие) отбор валовых проб может быть осуществлен непосредственно в процессе проходки прослеживающих горных выработок или после их проходки (секущие горные выработки) путем отбора проб в стенках горных выработок в пределах намеченных рудных интервалов. В первом случае проведение заверочных работ усложняется отсутствием результатов опробования, указывающих, в пределах какого интервала (рудного или безрудного) будет осуществляться заверка. Для уточнения интервалов заверки, контура рудного тела, его внутреннего строения и содержания полезного компонента в руде, перед проходкой горных выработок, предназначенных для отбора валовых проб, рекомендуется бурить (горизонтально) опережающие скважины.

В случае применения валовых проб в качестве основного способа заверки необходимо учитывать также и наличие условий для тщательного и полного отбора материала, отбиваемого в пробу при проходке горной выработки. Поступление в пробу всего отбитого материала, при тщательной зачистке мест отбора, а не какой-то ее определенной части (например, кратного количества вагонеток), значительно снижает возможность обогащения или обеднения валовой пробы за счет непропорционального поступления в нее материала мелких фракций, неравномерно распределенных в отбитой руде и наиболее обогащенных, как правило, золотом.

Валовые пробы отбирают с применением буровзрывных работ. В горных выработках прослеживания отбойка руды на участках заверки ведется интервалами в 1-2 м (см. рис. 21). При проходке секущих горных выработок отбор валовых проб осуществляют из стенок выработок в пределах рудного интервала на глубину 0,5-1 м.

С целью наиболее полного сбора отбитого в пробу материала и избежания возможных его потерь и разубоживания, горную выработку, в которой намечен отбор валовых проб, тщательно очищают от ранее отбитой руды и вмещающих пород, а почву выработки выстилают стальными листами, на которые затем отбивается материал валовых проб.

Другим, также распространенным способом прямой заверки, является опробование бороздой большого сечения ($20 \times 10 \text{ см}^2$, $30 \times 15 \text{ см}^2$). Этот способ является, как правило, достаточно универсальным. Он применяется при выяснении характера погрешностей применяемого или испытываемого вида проб даже при весьма неравномерном распределении золота в рудах. Использование борозды большого сечения в качестве эталона возможно в выработках прослеживания и секущих горных выработках, вскрывающих рудные тела как сложного внутреннего строения, так и различной морфологии, мощности и условий залегания.

Кроме того, этот способ заверки за счет достижения при экспериментальных работах максимального равнобъемного поступления в бороздовую пробу материала из различно обогащенных частей рудного тела зна-

чительно снижает возможность возникновения систематических ошибок контрольного опробования. Применение борозды большого сечения в качестве эталона обеспечивает также более короткие сроки проведения заверочных работ и снижение их трудоемкости, что имеет большое значение для оперативного решения вопросов о надежности геологических проб.

Целесообразно при заверочных работах применять механические про-боотборники, предназначенные для вырезания щелевых борозд. Объединение материала ряда параллельно вырезанных щелевых проб позволяет получать в качестве эталона большеобъемные линейные пробы высокой надежности.

Использование задирковых проб для целей заверки в качестве эталона наиболее приемлемо на месторождениях с незначительными по мощности (1-1,5 м) рудными телами. В этом случае применение задирковых проб позволяет отобрать в забоях прослеживающей горной выработки материал рудного тела без его разубоживания вмещающими породами. При заверке, осуществляющейся в пределах мощных рудных тел, пересекаемых рассечками, ортами, квершлагами, обычно отбирают серию примыкающих друг к другу задирковых проб, располагаемых по стенкам последних (см. рис. 19).

В обоих случаях перед отбором задирковых проб проводят отбор контролируемых проб с таким расчетом, чтобы их в контуре задирки оказалось не менее 2-3.

Одним из основных условий, обеспечивающих надежность задирковой пробы, является соблюдение строго постоянной глубины (4-5 см) задирки по всей площади ее отбора. Следует однако указать, что в практике экспериментальных контрольных работ это условие, при ручном и механизированном (с помощью отбойного молотка) способах отбора задирковых проб, не всегда удается выдержать. Это, как правило, ведет к резкому снижению их надежности.

При выявлении и оценке случайной погрешности проб, отбираемых на месторождении тем или иным способом, осуществляется параллельное размещение двух линий сопряженных проб одного и того же способа отбора. Парные сопряженные пробы должны отбираться в одних и тех же интервалах и иметь одни и те же параметры. При этом отбор контрольной пробы должен проводиться в контуре рядовой пробы или в непосредственной близости от нее (в последнем случае рядовая и контрольная пробы должны соприкасаться). Для надежной оценки величин случайных погрешностей рекомендуется отбирать не менее 100 пар проб в пределах развития промышленного оруднения.

Обработка результатов сравнения рядов попарно отобранных проб осуществляется по методике, рекомендованной для обработки данных, получаемых при внутреннем геологическом контроле анализов, с той лишь разницей, что результаты анализов проб не разбиваются по классам содержаний.

4.5.2. По буровым скважинам

При бурении скважин часто приходится сталкиваться со специфическими недостатками бурения, что приводит к ограничению применения

данных буровых работ для подсчета запасов золоторудных месторождений. Для наиболее распространенного вида бурения — колонкового, характерными недостатками являются относительно небольшой диаметр керновых проб, низкий выход керна и возникновение избирательного его истириания.

Указанные недостатки по-разному и в различной степени влияют на надежность проб, отбираемых при опробовании колонковых скважин. Низкий выход керна не дает возможности судить о действительном содержании золота в интервалах опробования из-за отсутствия данных о том, какая часть керна, рудная или безрудная, теряется в процессе бурения. В сочетании с малым диаметром керна это затрудняет отбор надежных проб. Исходя из указанного, инструкцией ГКЗ определен минимально допустимый выход керна, равный 70%, при котором возможен отбор геологических проб по скважинам.

Избирательное истириание боковой поверхности керна, возникающее очень часто при бурении колонковых скважин в связи с различием физико-механических свойств минералов и агрегатов руды, приводит либо к систематическому обогащению керновых проб, либо обеднению. При сложном внутреннем строении рудных тел, характеризующихся наличием прослоев руд с различными текстурно-структурными особенностями, а также развитием в их пределах зон тектонических нарушений, происходит неравномерное истириание и в торцевой части керна на забое, что приводит к уменьшению его линейного выхода. Это, вместе с потерями керна при подъеме, искаивает границы рудных тел и их мощности, приводит к неправильному определению соотношения выявленных типов руд и содержания в них полезного компонента.

При использовании в процессе разведочных работ других видов бурения, например, бескернового (ударного и шарошечного), позволяющего поднимать с интервала опробования дробленый материал и шлам, или керношлам, не исключается появление погрешностей систематического и случайного характера. Они обычно связаны с неполным сбором материала и трудностью привязки его 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 различных видах скважин, связано с причинами как геологического, так и технического порядка.

В связи со специфическими особенностями геологического строения золоторудных месторождений (сложный минеральный состав, наличие крупных тектонических нарушений 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 повышению выхода керна и к устранению возможности его избирательного истириания. Это часто вызывает неуверенность в надежности проб, отобранных по керну скважин, и возможности их использования при подсчете запасов на золоторудных месторождениях. В таких условиях необходимо проводить экспериментальные заверочные работы. Поэтому оценка надежности керновых проб, а также

проб, взятых из материала, поступающего при других видах бурения (ударного, шарошечного и т. д.) приобретает первостепенное значение.

Оценка надежности проб, отбираемых по скважинам, проводится прежде всего с целью выяснения характера и величины возникающих погрешностей, в установлении содержания полезного компонента в рудах, определяющих возможность применения буровых работ для качественной и количественной характеристики месторождения определенного морфологического типа.

При оценке надежности этих проб в определении содержания полезного компонента необходимо также оценивать и их надежность в отношении выделения границ, мощности и элементов внутреннего строения рудных тел.

Основным способом выявления характера и величины возможных погрешностей опробования по скважинам является 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 способом выявления погрешностей опробования при буровой разведке 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 месторождения. Этот способ является наиболее оптимальным для заверки данных бурения, но в то же время весьма дорогостоящим и трудоемким. 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 скважины, независимо от принятой плотности разведочной сети.

В ряде случаев, когда скважины подсечены разведочными подземными выработками, выявление возможных погрешностей опробования может быть осуществлено путем заверки с помощью так называемой "кольцевой задирки", принятой за этalon. С этой целью проводится расширение стволов уже пройденных скважин шарошечными расширителями (системы САЙГИМС) и осуществляется полный сбор материала эталонных проб "кольцевой задирки" с интервалов, где ранее были отобраны керновые или другие виды проб по контролируемым скважинам.

При выявлении характера и величины возможных погрешностей опробования по скважинам при прямом способе заверки основным условием является соблюдение наибольшего сопряжения контролируемых и заверочных (эталонных) проб в интервалах их отбора для получения наиболее объективных данных. С этой целью проходка горных выработок, предназначенных для отбора эталонных проб, проводится таким образом, чтобы ствол контролируемой скважины находился или в центральной части сечения горной выработки (при заверке валовыми пробами), либо проходил по стенке выработки или в непосредственной близости от нее.

Отбор контрольных валовых или бороздовых проб должен проводиться строго в направлении оси заверяемой скважины и с тем же интервалом,

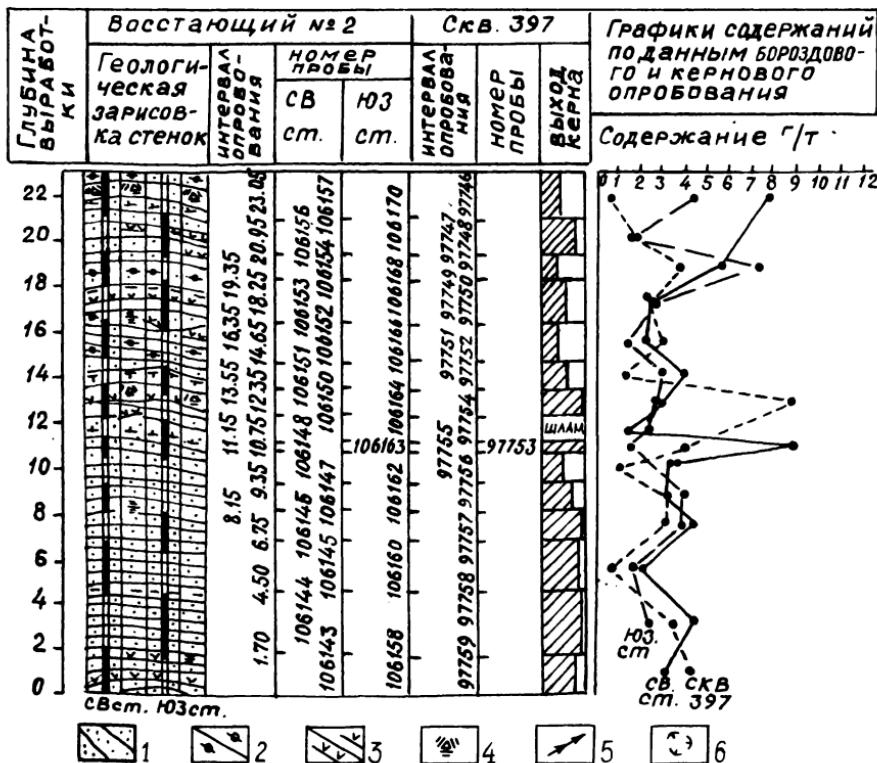


Рис.23. Пример сопоставления результатов опробования керна вертикальной колонковой скважины и стенок заверочного восстающего:

1 — углисто-кварцевые песчаники; 2 — слюдисто-кварцевые сланцы; 3 — кварцевые прожилки; 4 — зона секущих кварцевых прожилков; 5 — арсенопиритовые прожилки; 6 — зона окварцевания

где уже были взяты пробы керна и шлама. Достижение наиболее сопряженного расположения контролируемых и эталонных проб, при соблюдении условий наиболее качественного их отбора, обеспечивает получение более объективной информации (рис.23). 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 прямом способе заверки необходимо иметь для сопоставления не менее 50-60 пар проб, отобранных в скважинах и горных выработках по рудным интервалам с различным уровнем содержания полезного компонента. Помимо непосредственного выявления величины и характера погрешностей в определении содержания золота в рудах и мощности рудных тел, проводимого на основе прямой заверки скважин, необходимо также выявлять и учитывать те факторы, которые в той или иной мере оказывают влияние на надежность опробования по скважинам, пробуренным в различных геолого-структурных условиях и на различную глубину месторождения. К ним могут быть отнесены: условия пересечения золоторудных тел или

основных геологических образований, несущих полезный компонент, характер концентрации золота в материале проб по фракциям крупности, характер локализации золота в рудах, уровень концентрации на различных глубинах бурения, величина выхода керна при бурении различными видами снарядов, коронок и т.д.

Изучение и оценка перечисленных факторов, проводимые в основном на основе геологической документации, а также аналитические методы сопоставления результатов опробования по скважинам и горным выработкам, существенно дополняют данные экспериментальных работ по прямой заверке.

При оценке надежности результатов опробования по скважинам могут быть использованы и косвенные способы заверки результатов опробования по скважинам.

К ним относятся:

1) сопоставление кривых (гистограмм) распределения содержаний золота по пробам, отобранным отдельно из горных выработок и скважин в пределах всего месторождения;

2) проверка наличия или отсутствия корреляции между содержанием полезного компонента в пробах и процентом выхода керна или керношламового материала проб;

3) сравнение данных о мощности рудных тел и их вещественном составе, полученных по керну скважин, с данными каротажа и других геофизических методов;

4) сопоставление результатов опробования керна при различном его выходе с результатами опробования шлама.

Изучение зависимости уровня содержания полезного компонента, устанавливаемого по керновым пробам, от выхода керна, можно проводить на основе группировки всех керновых проб (отобранных в скважинах, пересекающих рудное тело), по классам выхода керна (0-10, ..., 90-100%) и расчета среднего содержания полезного компонента по пробам каждого класса. Сравнение этих средних содержаний позволяет в отдельных случаях выявить тенденцию изменений содержаний в зависимости от выхода керна, возможного избирательного истирания керна и связанных с ним систематических погрешностей в определении содержаний полезного компонента по керну скважин.

Косвенным способом выявления надежности керновых проб, связанной с избирательным истиранием керна, является и раздельное опробование керна и шлама по каждому рейсу бурения. Если содержания полезного компонента, установленные по ряду керновых и шламовых проб, близки по своим средним значениям, а статистический анализ результатов сравнения опробования по керну и шламу указывает на отсутствие систематических погрешностей, то опробование по керну может считаться достаточно надежным.

В том случае, если устанавливается систематическое занижение содержаний, определяемых по керновым пробам по отношению к содержаний, выявляемых шламовыми пробами, то имеются все основания считать установленным наличие избирательного истирания керна и принимать меры для повышения надежности керновых проб.

Выявление влияния избирательного истирания керна на надежность керновых проб в отдельных случаях проводят в лабораторных условиях путем истирания керна в специально оборудованных трубах или в шаровых мельницах. Для лабораторного истирания берут образцы керна, отобранного по всем основным типам руд, отличающихся по уровню содержания полезного компонента и своими физико-механическими свойствами. При этом по каждому классу содержаний соответствующего типа руд для истирания отбирается не менее 30 образцов керна, что обеспечивает в дальнейшем надежность выводов эксперимента.

Истирание образцов осуществляется с последовательным отбором истертого материала через определенные промежутки времени, которые устанавливаются из расчета истирания 10% материала образца. Истирание ведется до тех пор, пока не останутся не истертymi 20-30% исходного образца керна. Этот остаток образца является самостоятельной пробой. Пробы истертого материала и остатка керна затем анализируются в лаборатории отдельно. Средневзвешенное содержание, установленное на основе данных анализа проб истертого материала и остатков керна, составляет эталонное содержание в исходном образце.

Сравнение содержаний полезного компонента, полученных по данным анализа проб истертого материала (после каждого этапа истирания, соответствующего выходу керна 90, 80, 70% и т. д.), с эталонным содержанием в исходном образце керна, позволяет с определенной долей условности выявить наличие или отсутствие избирательного истирания керна. Неоднозначность решения этого вопроса данным способом связана с тем, что лабораторное истирание керна неполно моделирует реально существующие условия воздействия на керн в процессе бурения скважин.

К косвенным способам заверочных работ можно отнести и опробование обоих половинок керна, полученных путем раскалывания рудного керна керноколом или распиливания кернорезным станком на две равные части.

При этом способе заверки в отдельные самостоятельные пробы поступает материал двух равных половинок керна. Сравнение двух рядов результатов анализов, попарно отобранных проб, позволяет на основе их статистической обработки выявить и оценить случайные погрешности, возникающие при отборе проб керна.

Следует указать, что косвенные способы заверки в большинстве своем не позволяют делать однозначные выводы, однако они являются важным дополнительным элементом оценки надежности проб.

Все вышеописанные способы прямой и косвенной заверки служат главной цели их проведения — выявлению надежности проб, представительности опробования и выбору рациональной методики его проведения. В связи с этим необходимо отметить, что применение всех без исключения перечисленных здесь способов заверки не является самоцелью при проведении геологоразведочных работ. Геологи, осуществляющие разведку месторождения, должны с учетом особенностей его геологического строения и масштаба выбрать и применить для целей выявления надежности проб только те способы заверки, которые позволяют наиболее эффективно и в сжатые сроки получить результаты, обосновывающие вывод о возможности использования результатов опробования при подсчете запасов.

В процессе заверочных работ по выявлению надежности опробования горных выработок и скважин большую роль играет соблюдение ряда условий, обеспечивающих объективность результатов контрольного опробования.

Среди них важнейшими являются:

а) равномерное размещение контрольного опробования по всему месторождению или в пределах отдельных его участков, характеризующихся различным типом руд и уровнем содержания золота, полное сопряжение заверяемых и контрольных проб, получение достаточного количества результатов сопоставления, позволяющего делать надежные и конкретные выводы;

б) оперативный контроль за технологией отбора проб при заверочном опробовании на всех стадиях проведения, осуществление детальной документации горных выработок (фотодокументация) в интервалах опробования (в масштабе не менее 1:5 — 1:25) и тщательное описание геологической ситуации, проведение мономинерального опробования геологических образований, несущих золото и попутные компоненты, отбор образцов разновидностей руд и пород для макро— и микроскопических исследований;

в) одновременный, если это позволяют технические и организационные возможности, отбор контролируемых и контрольных проб, что устраивает 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.);

г) проведение обработки и анализа проб в одной и той же лаборатории в процессе осуществления всего заверочного опробования при неизменной технологии работ.

4.5.3. Геологические наблюдения при контрольных работах

Опробование, осуществляемое при экспериментальных заверочных работах, следует рассматривать не только как способ оценки надежности проб, в определении качества руд разведаемого месторождения, но и как метод его геологического познания, позволяющий решать в широком плане и в деталях целый ряд геологических вопросов — от установления закономерностей распределения и условий локализации оруденения до выяснения генезиса месторождения и т. д.

В связи с этим при оценке надежности проб, отобранных в горных выработках и по буровым скважинам, значительная роль отводится выявлению (на основе тщательной геологической документации) различных факторов, в той или иной мере определяющих выбор рациональной методики опробования и параметров проб.

С этой целью объектами на золоторудных месторождениях могут быть: насыщенность золотоносным кварцем вмещающих пород, мощность и количество кварцевых жил и прожилков в интервале опробования, общее направление прожилков кварца по отношению к оси керна или борозды, характер и интенсивность концентрации сульфидов, с которыми связано золото, различие физико-механических свойств минеральных образований, составляющих руды и т. д.

Детальные геологические наблюдения на основе документации (фотодокументации) в таком масштабе в обязательном порядке должны осуществляться при проведении специальных экспериментально-заверочных работ, однако они допустимы и для определенной части рядовых геологических проб, отбираемых на разных участках месторождения, представленных разными, но типичными по своему внутреннему строению и составу рудами.

Такой подход к обеспечению геологического изучения месторождения в процессе опробования позволяет более объективно и целенаправленно подходить к оценке надежности проб и получать ценнейшую информацию, дающую возможность выявлять особенности геологического строения месторождения.

Ниже приводятся примеры различных методических приемов геологического изучения (обеспечения) при экспериментальном опробовании.

Первый пример характеризует методику выявления особенностей концентрации золота в рудах на месторождении Мурунтау, представляющем собой штокверк в терригенно-осадочных породах, с преимущественно прожилковым типом оруденения. Золото в рудах месторождения концентрируется в кварцевых, кварцево-сульфидных и сульфидных прожилках (доля двух последних в общем балансе развития прожилков незначительна), ориентированных в разных направлениях. В целом для месторождения характерно отсутствие четких геологических границ оруденения, наличие в контурах промышленного оруденения, участков пустых пород и некондиционных руд, относительно низкое содержание и неравномерное распределение золота в рудах.

При решении вопроса о надежности рядовых проб, отбираемых в процессе разведки золоторудных месторождений этого типа, помимо заверки их эталонными пробами, большая роль отводилась выявлению и оценке тех факторов, которые определяют выбор ориентировки бороздовых проб в горных выработках. Это объясняется тем, что на данном типе месторождений золото концентрируется обычно в кварцевых, кварц-карбонатных, кварц-сульфидных или сульфидных прожилках, ориентированных в разных направлениях. Поэтому очень важно было выяснить с какими из них связана наивысшая концентрация золота в рудах, как распределено оно в массе этих образований, а также выявить зависимость уровня содержания золота в рудах от концентрации тех или иных прожилков на различных участках месторождения.

Выявление указанных факторов на месторождении Мурунтау осуществлялось на основе детальной документации геологической ситуации в интервалах опробования горных выработок и непосредственно в контурах проб с использованием цифровой индексации для оценки каждого фактора в отдельности [19].

Следует отметить, что в начальный период разведки месторождения при выборе ориентировки бороздовых проб исходили из того, что золотоносными являются только крутопадающие секущие кварцевые и сульфидные прожилки, которым и отводилась ведущая роль в локализации золотого оруденения. Согласные кварцевые прожилки считались не несущими

щими золота, а, следовательно, и не влияющими на уровень концентрации последнего в рудах. В связи с этим при геологическом опробовании в горных выработках была принята горизонтальная ориентировка бороздовых проб для всего месторождения в целом.

При экспериментальном заверочном опробовании, проведенном в стадию предварительной разведки, возникло предположение о влиянии согласных прожилков на уровень золотоносности руд и несоответствии принятой ориентировки бороздовых проб реальной морфоструктурной обстановке на участках преимущественного развития согласного прожилкования, что могло отразиться на надежности проб и представительности опробования в целом.

Поэтому изучение влияния вышеуперечисленных геологических факторов на результаты опробования, на основе которого осуществлялось оконтуривание промышленных руд, составило одну из важнейших задач в процессе разведки месторождения. Для ее решения при экспериментальных заверочных работах на участках концентрации прожилков разной ориентировки был осуществлен отбор горизонтально и вертикально ориентированных бороздовых проб в горных выработках и детальная документация геологических наблюдений в контурах проб (масштаб 1:5).

При характеристике кварцевых и сульфидных прожилков, пересекаемых бороздой соответствующего направления, рассматривались их количество, мощность, а также общий процент площади, занимаемой кварцем и сульфидами по отношению к площади бороздовой пробы, выраженные в соответствующих баллах. Анализ указанных геологических факторов осуществлялся отдельно по группе борозд (вертикальных или горизонтальных) с учетом общего уровня концентрации золота на участках с различными типами прожилков и их ориентировкой.

Принятая группировка факторов и разработанная для них индексация (легенда), в баллах, позволила охарактеризовать все пробы горизонтального и вертикального направления с учетом влияния указанных факторов на уровень содержания золота в рудах и дать конкретные рекомендации по выбору рациональной системы расположения бороздовых проб в горных выработках. Было установлено (табл. 16):

1. Пологозалегающие согласные кварцевые прожилки, наравне с секущими, золотоносны. Они должны учитываться при характеристике промышленной значимости различных участков месторождения.

2. Высоким содержанием золота обладают кругопадающие секущие сульфидные прожилки.

3. Наибольшая концентрация золота свойственна участкам, на которых отмечается наличие секущих и согласных прожилков различного состава и ориентировки.

В связи с указанным было рекомендовано на участках преимущественного развития согласного кварцевого прожилкования применять вертикальные борозды, а в пределах концентрации кругопадающих секущих кварцевых и сульфидных прожилков всех направлений — горизонтальные. Это определило более объективное выделение интервалов с промышленным содержанием золота в разведочных сечениях.

Таблица 16

Изменение концентрации золота в зависимости от наличия в рудах прожилков различного состава и ориентировки (месторождение Муругат)

Тип оруднения	Участок отбора проб	Общее количество отобранных проб (n)	Среднее содержание по всем пробам (C, сл.ед.)	Кварцевые прожилки		Согласные кварцевые прожилки		Секущие и согласные кварцевые прожилки		Секущие сульфидные прожилки			
				n	C	n	C	n	C				
Штокверковый	1	150	32	15	18	85	37	—	26	40	10	49	
	2	235	30	17	12	72	29	11	31	52	36	83	34
Согласно-прожилковый	1	90	13	7	10	53	13	—	—	6	15	11	16
	2	136	19	18	7	102	21	—	—	—	—	16	27

Таблица 17

Распределение степени золотоносности руд по признакам их текстурного облика и вещественного состава (по данным экспериментального опробования месторождения Советское)

Степень золотоносности руд	Карбонатность руд, %	Количество сульфидов в рудах, %				Качественный состав сульфидов
		до 25	25-75	75-100	Более 10	
Низкая	преобладает сланцевая составляющая	частая	перемежающаяся жильного кварца и сланцев	предобладает кварцевая составляющая	до 2	2-10
Средняя	0,67	0,52	0,66	0,61	0,42	0,37
Высокая	0,23	0,32	0,37	0,28	0,45	0,40
	0,10	0,16	0,13	0,11	0,13	0,23

Методика оценки опробования, основанная на тщательном изучении геологических факторов, определяющих характер и интенсивность оруденения, была также применена на месторождении Советское. Это месторождение относится к типу жильных зон сложной морфологии, вмещающими породами которых являются филлитизированные сланцы. Жильные зоны представлены сериями сближенных кварцевых жил и прожилков, сменяющимися по простиранию или падению участками мощных кварцево-жильных тел. Зоны в основном круто падающие с локальными переходами в пологонаклонные.

Длительное время на месторождении традиционно считалось, что золото крайне неравномерно и практически без каких-либо закономерностей распределено в массе жильного кварца. В связи с этим опробовались только кварцево-жильные образования (селективное опробование). Вследствие чрезвычайно сложной их морфологии, ориентировка бороздовых проб отличалась крайним разнообразием и неупорядоченностью расположения в разведочных пересечениях, что создавало определенные трудности при оконтуривании промышленного оруденения и подсчете запасов.

Все это вызвало необходимость проведения экспериментальных работ с целью выбора наиболее обоснованной и рациональной методики опробования. Экспериментальные работы заключались в отборе секционных проб непрерывными линиями на полное пересечение жильных зон и в детальной геологической зарисовке интервалов опробования, что позволило проанализировать распределение золота как внутри отдельных кварцево-жильных образований, так и околожильных вмещающих сланцах.

Анализ распределения золота в рудах, установленного по экспериментальным пробам, в совокупности с результатами детальных геологических наблюдений, проведенных в процессе опробования, показал следующее (табл.17):

1. Золотоносность жильных зон обусловлена перемежаемостью жильного кварца и сланцев, а не степенью общей их кварценосности.

2. Руды с повышенной золотоносностью характеризуются также более высокой насыщенностью сульфидами. Золотоносность руд находится при этом в прямой зависимости от количества и сочетания содержащихся в них сульфидов.

3. Золото концентрируется в основном в призальбандовых частях кварцево-жильных образований.

Одновременно с экспериментальными работами осуществлялось обобщение результатов эксплуатационного опробования. На основе детальной геологической документации данные эксплуатационного опробования были сгруппированы по степени сложности жильного узора рудных зон (отношение суммарной длины контактов кварцево-жильных образований к общей площади исследуемых сечений). Анализ этих данных показал отчетливую прямую зависимость золотоносности жильных зон от сложности их жильного узора (табл.18).

Таблица 18

Изменение золотоносности от степени сложности их жильного узора
(по данным эксплуатационного опробования месторождения Советское)

Группа рудных тел	Количество отработанных блоков	Показатели внутреннего строения рудных тел			
		Степень сложности жильного узора	Коэффициент кварцево-носности	Доля руд, %	
				с промышленным содержанием	с богатым содержанием
1	14	0,64	0,58	20	11
2	8	0,97	0,58	24	13
3	7	1,29	0,50	29	19
4	19	1,71	0,42	30	20
5	10	2,44	0,39	43	31

Приуроченность золота к призальбандовым частям кварцево-жильных образований существенно изменила представление о механизме отложения и концентрации золота.

С учетом выявленного характера концентрации золота были проведены анализ и оценка представительности ранее принятого "селективного" опробования рудных зон, показавшие более высокую его погрешность в определении средних содержаний по сравнению с предложенным сплошным линейным опробованием рудных зон секционной бороздой.

4.5.4. Обработка контрольных валовых проб при экспериментальных работах

При решении вопроса о надежности проб, отбираемых при разведке месторождения, помимо детальных геологических наблюдений, необходимых при опробовании, значительную роль играют также продуманность методики и тщательность обработки контрольных (эталонных) валовых проб.

Следует учитывать, что в случае проведения экспериментальных работ с применением в качестве заверочного эталона валовых проб, их значительная масса и несоизмеримо больший объем, по сравнению с рядовыми (контролируемыми) пробами, обеспечивает им большую надежность в определении содержания золота в пределах одного и того же интервала опробования рудного тела. При этом надежность результатов эталонного опробования помимо факторов геологического и технического порядка в значительной степени определяется схемой обработки валовых проб.

При обработке рядовых, бороздовых, керновых и других видов проб, характеризующихся относительно малой массой (до 10-15 кг), надежность результатов их обработки достигается тщательностью проведения работ и использованием наиболее оптимального коэффициента K или дроблением всей начальной массы проб до крупности частиц лабораторной пробы (-1мм) без промежуточного сокращения. Выделение в этих случаях на конечных стадиях обработки двух или четырех лабораторных навесок (в зависимости от характера оруденения и степени распределения

золота) обеспечивает получение результатов, достаточно надежно характеризующих содержание золота в материале отобранный пробы.

Иное положение имеет место 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 2-4 лабораторных проб для производства анализов, не гарантирует надежность определения по ним содержания в исходном материале валовых (эталонных) проб. При высокой степени неравномерности распределения золота в рудах и различных размерах золотин, свойственных обычно золоторудным месторождениям, при обработке проб этого вида выделение ограниченного количества лабораторных проб может привести к значительным погрешностям.

Поэтому обработку валовых проб необходимо осуществлять по специально разработанным схемам. Обработка валовых проб может проводиться по схемам, предложенным ЦНИГРИ. Эти схемы предусматривают выделение на первом этапе обработки нескольких (4-8) параллельных проб, обрабатываемых в дальнейшем как самостоятельные пробы по одной и той же схеме.

Каждая из выделяемых частей пробы обрабатывается как по основной 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 навесок, анализ которых позволяет уверенно определять содержание полезного компонента в исходной руде эталона с допустимой точностью (ошибка не более $\pm 5\text{-}7\%$).

В том случае, когда одна или несколько выделенных частей валовой пробы обрабатывается по схемам, включающим рудоразборку ее материала на основные геологические образования (обычно на месторождениях, представленных штокверками, жильными и прожилковыми зонами); появляется возможность получить чрезвычайно важную для золоторудных месторождений информацию о приуроченности золота к определенным геологическим образованиям, о крупности его частиц и о концентрации золота в различных фракциях крупности материала и т. п.

При относительно равномерном распределении содержаний полезного компонента в рудах месторождения обработка валовых проб незначительного объема (массы) может быть осуществлена по следующей методике. Материал, отобранный в пробу, дробится в щековой дробилке до получения кусков руды размером 30-40 мм, а затем на специально подготовленной площадке с настилом из листового железа или плотно подогнанных досок тщательно перемешивается способом кольца и конуса. Перемешанный материал размещают на площадке ровным слоем (толщиной до 0,4 м). Из расположенного таким образом материала методом вычерпывания отбирается по равномерной сети (с параметром ячейки 40-50 см) группа частных проб (не менее 25), которая должна охарактеризовать содержание полученного компонента в валовой пробе (рис.24).

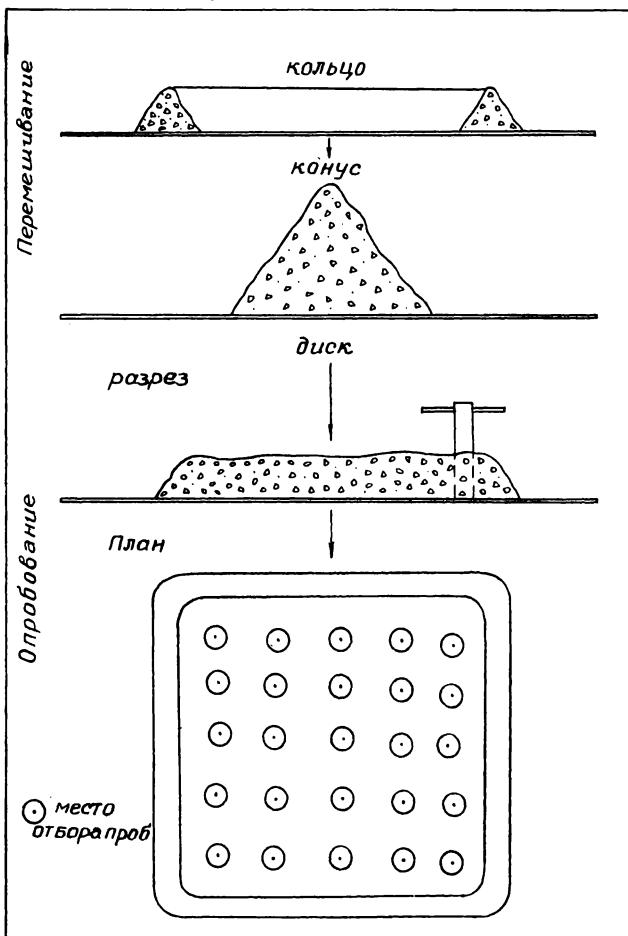


Рис.24. Обработка и опробование материала валовых проб
при относительно равномерном распределении полезного компонента в рудах

Отбор этих проб в намеченных точках отбора проводят с помощью специального пробоотборника, изготавливаемого из труб большого диаметра (25-30 см). Пробоотборник вдавливается в слой материала валовой пробы до полного его пересечения, что фиксируется прекращением движения пробоотборника при достижении им настила площадки. После этого из пробоотборника вычерпыванием вынимается материал, который поступает сначала на обработку по схеме, принятой для рядовых геологических проб, а затем на анализ.

По результатам анализа группы отобранных проб устанавливается содержание полезного компонента в материале валовой пробы и это содержание сравнивается с содержанием рядовых (контролируемых) проб.

В практике экспериментальных работ с применением валовых проб могут применяться и другие схемы их обработки, однако во всех случаях они должны быть тщательно продуманы и служить целям повышения надежности валовых проб.

Ниже приведен пример экспериментальных работ на месторождении Эльдорадо, где помимо детальной геологической документации основным источником информации были результаты обработки эталонных (валовых) проб с предварительным разделением материала на основные его геологические составляющие.

Месторождение Эльдорадо приурочено к протяженным зонам смятия и дробления в древних метаморфических породах, представленных слюдистыми и кварц-биотитовыми сланцами. Рудные тела представлены относительно мощными кругопадающими линейно-вытянутыми зонами интенсивно рассланцованных пород с сериями кварцевых жил и прожилков различной мощности и протяженности. Минеральный состав жил и прожилков простой. Они в основном представлены кварцем с незначительным количеством сульфидов (пирит и арсенопирит).

Распределение золота в рудных телах крайне неравномерное и определяется системой маломощных кварцевых прожилков. Содержание золота на грани промышленного. С учетом этого крайне остро стоял вопрос о надежности данных опробования, влиявших на правильность его промышленной оценки. В период поисково-оценочных работ и на первом этапе стадии предварительной разведки месторождения, исходя из самых общих представлений о строении рудных зон был применен смешанный способ отбора проб (задирка по кварцевым прожилкам + борозда по вмещающим их сланцам).

Однако такая методика опробования, принятая без тщательного анализа геологических факторов, обусловливающих характер и место концентрации золота в рудных зонах, долгое время не позволяла правильно выделять в разведочных сечениях руды с промышленным уровнем концентрации золота, что привело к временной приостановке разведки месторождения.

Только экспериментальные работы, проведенные в последующем по тщательно разработанной программе, предусматривающей детальную геологическую документацию интервалов опробования, а также специально разработанную методику обработки валовых проб, позволили обоснованно подтвердить предположение о максимальной концентрации золота на контакте кварцевых прожилков с вмещающими их сланцами.

На основе результатов анализа рудного материала валовых проб различных фракций крупности, разделенного на основные его геологические составляющие — кварц, сростки кварца со сланцами и сланцы (табл. 19), было установлено, что наивысшая концентрация золота во всех выделенных фракциях материала валовых проб отмечается в сростках кварца со сланцами, что предопределило необходимость сквозного пересечения кругопадающих рудных прожилковых зон равносекционными (1 м) бороздовыми пробами, обеспечивающего наиболее объективное определение

Таблица 19
Распределение золотоносности в рудах по данным состава и крупности материала валовых проб (месторождение Эльдорадо)

Номер валовой пробы	Кварценосность руд, %	Содержание по валовой пробе, усл. ед.	Фракции крупности материала валовых проб								
			-50 +20 мм				-20 +10 мм				
			Содержание, усл.ед.				-10 +5 мм				
			K	C _p	C _л	K	C _p	C _л	K	C _p	C _л
1	41	33	28	78	10	5	77	12	10	77	30
2	21	16	40	85	1	42	62	8	35	72	6
3	20	34	50	113	5	33	176	12	18	106	18
4	23	20	23	53	6	74	75	1	13	171	11
5	28	44	30	64	6	44	62	4	51	91	6

Примечание: K — кварц, C_p — сростки кварца и сланцев, C_л — сланцы.

ние содержания золота в рудах и выделение интервалов с промышленным уровнем концентрации золота.

4.6. МЕТОДИКА ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ЗАВЕРОЧНЫХ РАБОТ

На основе результатов анализов контролируемых и контрольных проб разных сечений или видов методами математической статистики выявляется сходимость этих проб, а также характер и величина погрешностей контролируемых проб. При этом проверяется сходимость результатов не отдельных сравниваемых пар проб, которые из-за единичного результата наблюдений не могут характеризовать надежность оцениваемых проб, соответствующего сечения или вида, а достаточно большого количества пар проб, представительная выборка которых, зависящая от степени изменчивости оруденения (чем выше степень изменчивости, тем больше выборка), во всех случаях должна включать не менее 50-60 пар.

Статистическая обработка данных должна состоять из определения закона распределения с расчетом следующих параметров: дисперсии, стандарта, асимметрии, эксцесса, коэффициента вариации среднего содержания по сопоставляемым рядам. При этом необходимо проводить сравнения контрольных и контролируемых выборок путем проверки гипотез об однородности средних 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 при заданных уровне значимости (q) и степенях свободы (n_1+n_2-2) можно считать, что средние содержания золота значимо отличаются друг от друга и эти расхождения связаны с систематическими погрешностями; при значениях расчетного критерия меньше табличного расхождения средних содержаний сравниваемых выборок признаются случайными. Значение t -критерия Стьюдента рассчитывается по нижеследующим формулам. В том случае, когда обе сравниваемые выборки согласуются с нормальным законом распределения, значения t -критерия рассчитываются по формуле:

$$t = \frac{X_1 - X_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}, \quad (10)$$

где X_1 и X_2 — средние арифметические значения содержания;

S_1^2 и S_2^2 — оценка дисперсий содержаний;

n_1 и n_2 — количество наблюдений в контрольных и контролируемых выборках.

В условиях логнормального распределения выборочных данных проверка гипотезы о равенстве математических ожиданий двух логнормально распределенных случайных величин проверяется по формулам:
для натуральных логарифмов

$$t = \frac{\ln x_1 - \ln x_2 + 0,5 (S_1^2 - S_2^2)}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_1} + 0,5 (\frac{S_1^4}{n_1-1} - \frac{S_2^4}{n_2-1})}} ; \quad (11)$$

где $\bar{\ln} x_1$ и $\bar{\ln} x_2$ — средние логарифмы содержаний золота;
 S_1^2 и S_2^2 — оценки дисперсий логарифмов содержаний;
 n_1 и n_2 — количество наблюдений в контрольных и контролируемых выборках
для десятичных логарифмов

$$t = \frac{\lg x_1 - \lg x_2 + 1,1513 (S_{\lg x_1}^2 - S_{\lg x_2}^2)}{\sqrt{\frac{S_{\lg x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{\lg x_2}^2}{n_1} + 2,651 (\frac{S_{\lg x_1}^4}{n_1-1} - \frac{S_{\lg x_2}^4}{n_2-1})}} \quad (12)$$

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;
 n_1 и n_2 — количество наблюдений в контрольных и контролируемых выборках.

Часто сравниваемые выборки описываются разными законами или существенно отличаются как от нормального, так и логнормального законов распределения или же сведения об этих распределениях столь ограничены, что затруднительно сделать вывод о виде функции распределения. В перечисленных выше случаях Р.Шторм [46] рекомендует для проверки гипотез о равенстве средних выбирать такие критерии, на которые мало влияет отклонение распределений от нормального закона. Наиболее удобным в этих случаях является критерий, определяемый по формуле (10).

Значению критерия Фишера — F отражает значимость расхождения в дисперсиях содержаний сравниваемых выборок. Критерий Фишера рассчитывается как отношение большей дисперсии к меньшей, т. е.

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2} \text{ при } S_1^2 > S_2^2 \quad (13)$$

Если расчетное значение F -критерия превышает его табличное значение $F > F_q$ при заданном уровне значимости q и n_1-1 , n_2-1 степенях свободы, то считается, что дисперсии содержаний выборок отличны друг от друга, при $F < F_q$, n_1-1 , n_2-2 — дисперсии равны.

В том случае если не выполняется условие о нормальном распределении генеральных совокупностей, то также может применяться непараметрический, независимый от вида распределения метод сравнения выбо-

Таблица 20

Сравнение статистических характеристик распределений содержания по данным бороздовых проб разного сечения

Сечение борозд (см)	Число проб <i>n</i>	Среднее содержание \bar{x}	Дисперсия s_2^2	Стандарт s_x	Коэффициент вариации $V_1, \%$	Критерий Стьюдента, <i>t</i>	Критерий Фишера, <i>F</i>	Асимметрия <i>A</i>	Эксцесс <i>E</i>	$\frac{A}{\sigma_A}$	$\frac{E}{\sigma_E}$	Закон распределения
30×15 (эталон)	87	5,0	9,12	3,02	60,0	(1,89)	(1,44)	0,34	-0,72	1,297	1,374	
10×5	87	5,2	11,20	3,35	64,5	0,413	1,23	0,47	-0,35	1,793	0,667	Нормальный
5×3	87	5,4	13,90	3,73	69,0	0,793	1,52	0,70	-0,10	2,777	0,190	

рок — критерий знаков. Единственным условием его применения является непрерывность функций распределения генеральных совокупностей. Критерий знаков основан на знаках разностей двух признаков, где измерения попарно связаны, т. е. имеются зависимые выборки. Этот метод изложен в разделе, посвященном контролю результатов анализов геологических проб, а также в ряде работ [37, 46].

В табл. 20 приведен итог обработки данных, полученных при экспериментальных заверочных работах, представляющих собой пример сравнения статистических характеристик распределений содержаний золота в выборках бороздовых эталонных проб сечением 30×15 см и контролируемых проб сечением 10×5 см и 5×3 см, отобранных при экспериментальных заверочных работах на одном из месторождений золота, представленном зонами прожилково-вкрапленной минерализации, где золото связано с вкрапленниками сульфидного состава.

Контролируемые пробы при экспериментальных работах располагались в контуре эталонной пробы большого сечения и отбирались тоже вручную с одного и того же интервала.

В связи с тем, что все три выборки содержаний по пробам разного сечения аппроксимируются законом нормального распределения, то сравнение средних содержаний по выборкам проб осуществлялось по формуле (10). Критическое значение t в данном примере при количестве сопоставлений равном 87 и $q = 0,05$ составило 1,96. Сравнение данных эталонных проб сечением 30×15 см с данными бороздовых проб сечением 10×5 и 5×5 см выявило значения t , равные соответственно величинам 0,413 и 0,793, что указывает на незначимые, случайные различия средних содержаний между эталонами и контролируемыми выборками бороздовых проб и отсутствие систематических погрешностей при определении содержаний золота по бороздовым пробам меньших сечений.

Проверка гипотезы о равенстве дисперсий по F -критерию также при $q = 0,05$ показала, что дисперсии содержаний по бороздовым пробам меньших сечений в одних случаях сопоставимы с дисперсией по эталонным пробам большого сечения, в других — значимо 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 содержаний золота в выборках бороздовых (эталонных и контролируемых) проб был сделан вывод о надежности результатов опробования по бороздам сечения 10×5 и 5×3 см.

ГЛАВА 5. ОПРОБОВАНИЕ НА ПОПУТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Изучение, учет и вовлечение в промышленное освоение попутных полезных компонентов, наряду с основным полезным компонентом (золото), повышает полноту использования недр и экономический потенциал золоторудных месторождений, способствует созданию безотходной и малоотходной технологий переработки минерального сырья [42].

Попутные полезные компоненты могут иметь промышленное значение лишь в тех случаях, когда степень их концентрации в продуктах обогащения, металлургического и химического передела, а также технология последующей переработки этих продуктов обеспечивают их извлечение на экономически рациональной основе. Основными критериями промышленного значения попутных компонентов являются потребность в них народного хозяйства, наличие разработанной технологической схемы извлечения из продуктов переработки руд и степень их концентрации в этих рудах, обеспечивающая экономическую целесообразность их извлечения. Учитывается также возможность селективной добычи руд, обогащенных попутными компонентами.

5.1. ОСНОВНЫЕ ГРУППЫ ПОПУТНЫХ КОМПОНЕНТОВ

К попутным компонентам золоторудных месторождений относятся заключенные в рудах минералы, металлы и другие химические элементы, выявленные в процессе разведочных работ, которые не имеют определяющего значения для промышленной оценки месторождений, но при переработке руд могут быть рентабельно извлечены и использованы в народном хозяйстве.

Попутные компоненты по форме своего нахождения, связи с золотом, характером пространственного распределения и с учетом требований, предъявляемых промышленностью к условиям их разработки (извлечения) выделяются в следующие самостоятельные группы.

Попутные (сопутствующие) компоненты образуют в промышленных золотых рудах собственные минералы, извлекаемые при обогащении в селективные концентраты или промпродукты, а в отдельных случаях накапливаются в продуктах обогащения золота в количествах, допускающих их последующее извлечение на экономически рациональной основе. На золоторудных месторождениях эта группа попутных компонентов включает серебро, являющееся обычно постоянным спутником золота, цветные металлы (медь, свинец, цинк), а также мышьяк, сурьма, висмут, вольфрам, уран, молибден, олово.

Рассеянные элементы входят в состав минералов основных и сопутствующих компонентов в виде изоморфных примесей или образуют редко встречающиеся собственные минералы. Для золоторудных месторождений характерны такие рассеянные элементы как индий, кадмий, таллий, селен, теллур. Практическое значение могут иметь лишь те рассеянные элементы, которые связаны с рудными минералами, извлекаемыми в товарные золотые концентраты или концентраты попутных компонентов.

Наибольшее внимание при изучении золоторудных месторождений требуют серебро, медь, висмут, свинец, цинк, вольфрам, селен, теллур, кадмий, которые могут представлять промышленный интерес. Некоторые попутные компоненты и рассеянные элементы, не имеющие промышленного значения вследствие низкого содержания или своих свойств затрудняют технологию обработки руд. Такими компонентами являются: минералы меди (кроме халькопирита и хризокозолы), сурьмы (антимонит), железа (пирротин), мышьяка (арсенопирит) и др. углеродистые вещества, легкошламирующиеся минералы. К вредным попутным компонентам, усложняющим технологию обогащения руд, в первую очередь относятся мышьяк (более 0,5%) и углистое вещество (0,2% и более).

Наличие в рудах попутных полезных компонентов (особенно серебра) обычно повышает промышленную ценность золоторудных месторождений. Изучение всех попутных компонентов, содержащихся в рудах разведуемых месторождений, оценка их количества и качества, определение возможности попутного извлечения, а также установление влияния попутных компонентов на технологию обработки руд, является необходимым условием рационального проведения геологоразведочных работ.

Выявленные при разведке попутные компоненты могут представлять интерес лишь на тех золоторудных месторождениях, для которых установлено промышленное значение золота. Попутные компоненты могут оказать влияние на геолого-промышленную оценку месторождения, так как наличие их в рудах, уровень концентрации и возможность извлечения могут в ряде случаев сделать рентабельной отработку месторождения, на котором добыча одного лишь золота была бы практически нецелесообразна.

5.2. МЕТОДИКА И ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ОПРОБОВАНИЯ НА ПОПУТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

Изучение, опробование и геолого-экономическая оценка золоторудных месторождений на попутные компоненты проводится на всех стадиях геологоразведочного процесса. Выявление попутных полезных компонентов, подлежащих изучению, необходимо уже на стадии поисково-оценочных работ. Предварительная оценка и выявление их возможного практического значения, а также качественная и количественная характеристика по данным опробования осуществляется во время предварительной разведки. Окончательная геолого-экономическая оценка попутных компонентов проводится на стадии детальной разведки.

При разведке золоторудных месторождений специальных работ по отбору проб для выявления попутных компонентов, как правило, не проводят. Опробование на попутные компоненты осуществляется в разведочных горных выработках и скважинах, пройденных с целью опробования

на золото. Отбор новых или дополнительных проб допустим лишь на тех разведуемых месторождениях, руды и минералы которых по каким-либо причинам не были ранее изучены на рассеянные элементы или попутные компоненты.

Установление полезных и вредных попутных компонентов и их содержаний в рудах проводится одновременно с опробованием на золото. С этой целью используются рядовые пробы (бороздовые, керновые и др.) или их дубликаты, отобранные на месторождении при опробовании рудных тел на золото. Кроме того из рядовых проб или их дубликатов могут быть составлены групповые пробы по отдельным участкам месторождения, блокам, отдельным разведочным выработкам и скважинам, характеризующим соответствующие технологические типы (сорта) руд, выделенные при оценке их на золото. Могут также отбираться мономинеральные пробы из руд или лабораторных концентратов. Последние необходимы при оценке содержаний рассеянных элементов и при определении возможности их извлечения.

Система изучения золоторудных месторождений на рассеянные элементы обычно базируется на правильной обработке и оптимальном использовании материала рядовых проб, отобранных для изучения их на основные и попутные компоненты.

Исследования рядовых и групповых геологических проб руд, мономинеральных и лабораторных концентратов должны обязательно дополняться отбором штуфных проб, изготовлением шлифов, аншлифов и т. д.

Возможность использования рядовых и групповых проб, а также необходимость отбора мономинеральных проб с целью количественной оценки попутных компонентов, определяется видом попутных компонентов, уровнем их содержания в отдельных типах (сортах) руд или минералах, характером их распределения в рудных телах и размером рудных тел. Характерной особенностью групповых проб является то, что на их основе определяются усредненные содержания попутных компонентов в рудах по значительным по величине интервалам и участкам месторождения (рудного тела), не отражающие истинного характера изменчивости содержаний попутных компонентов в исследуемом объеме недр.

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на золото и серебро. В том случае когда содержание попутных компонентов (медь, свинец, цинк, сера, висмут и др.) учитывается при оконтуривании запасов комплексных руд по простиранию и падению рудных тел (через условное содержание золота), оно определяется также во всех рядовых пробах. Содержание прочих попутных компонентов определяется по групповым пробам, характеризующим промышленные (технологические) типы и сорта руд в полных пересечениях. Если степень неравномерности распределения основных и попутных компонентов близка, а также существует тесная корреляционная связь между ними или промышленная ценность попутных компонентов незначительна, то допустимо составление групповых проб, характеризующих промышленные (технологические) типы и сорта руд в пределах рудных тел.

Кроме того, в процессе разведки на основе технологических проб, отбираемых для изучения обогатимости руд и технологии извлечения основных компонентов, может быть установлено распределение рассеянных

элементов в минералах по продуктам обогащения руд разведуемых месторождений и изучена технология их извлечения. В случае использования материала технологических проб следует иметь в виду, что полученные при этом результаты анализов характеризуют средние значения содержания рассеянных элементов для изучаемых рудных тел, типов и сортов руд и не отражают особенностей распределения рассеянных элементов в них.

При необходимости дополнительных исследований руд месторождения с целью изучения технологии извлечения из них рассеянных элементов могут быть отобраны специальные технологические пробы. Их количество, масса и место отбора определяется по согласованию с организацией, производящей технологические испытания.

На стадии поисково-оценочных работ и в начальный период предварительной разведки золоторудных месторождений, при оценке попутных компонентов, объединять рядовые пробы в групповые не рекомендуется до выяснения уровня их содержаний и особенностей распределения в рудах и минералах.

Объединение рядовых проб в групповые пробы можно проводить по простиранию, падению и мощности рудных тел.

При составлении групповых проб следует учитывать как мощность рудных тел, так и характер пересечения их горными выработками и скважинами (горные выработки секущие рудные тела вкrest их простирания на всю мощность, выработки прослеживания, пройденные по простиранию или падению рудных тел и т. п.) Групповые пробы, отбираемые по мощным рудным телам в секущих выработках, состоят из навесок, взятых из дубликатов бороздовых, керновых и других рядовых проб, характеризующих одну и ту же горную выработку или скважину, полностью пересекающую рудное тело (рис. 25). При этом недопустимо их

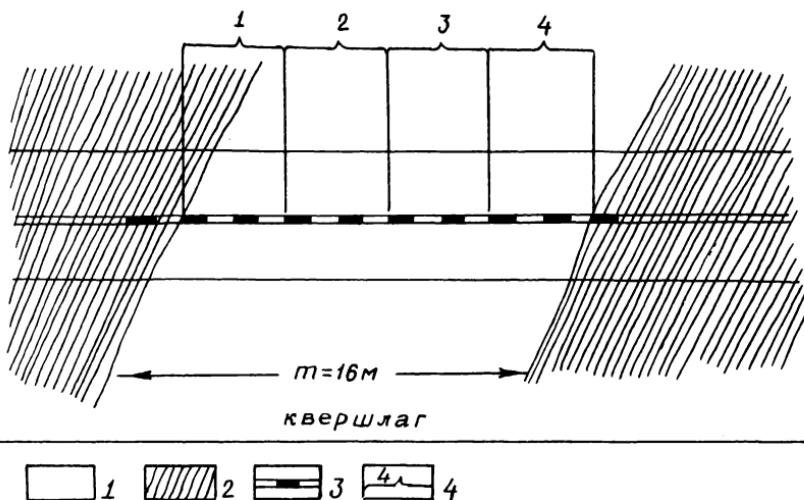


Рис.25. Схема отбора групповых проб в горной выработке, пересекающей мощное рудное тело:
1 — рудное тело; 2 — вмещающие породы; 3 — рядовые бороздовые пробы;
4 — групповые пробы

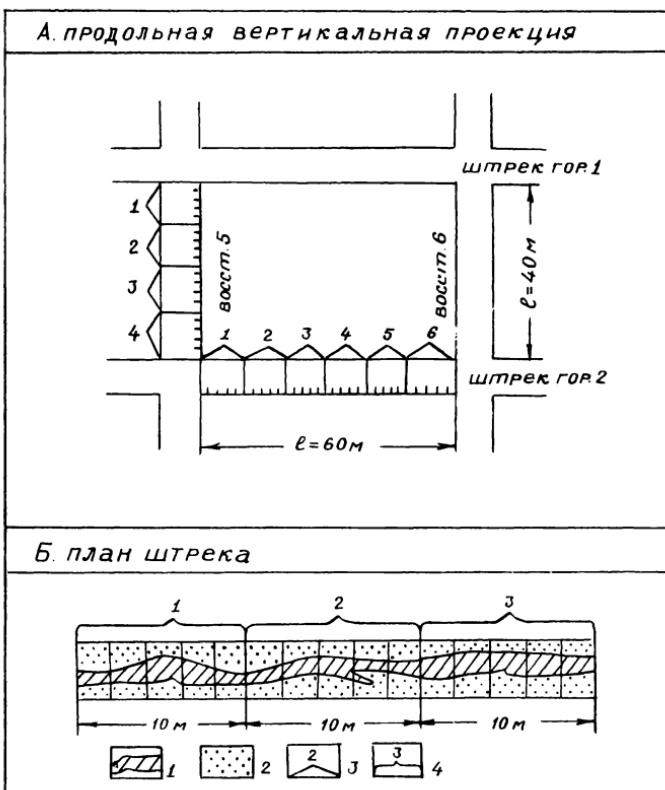


Рис.26. Схема отбора групповых проб при разведке маломощных рудных тел горными выработками:

1 — рудное тело; 2 — разведочные сечения; 3,4 — групповые пробы

составление из материала рядовых проб, отобранных из разных горных выработок и скважин, вскрывающих рудное тело, или по разведочным выработкам, пересекшим разные рудные тела.

Группировка проб по маломощным рудным телам, не выходящих за пределы сечения прослеживающих выработок (штреков, восстающих) в пределах подсчетных блоков, оконтуренных ими, ведется в соответствии со схемой, показанной на рис. 26. В табл. 21 приводится рекомендуемое число рядовых проб, подлежащих объединению в групповые, и число групповых проб в зависимости от мощности рудных тел [5].

В том случае, когда по мощности, простианию или падению рудного тела устанавливаются разные типы или сорта руд (разного минерального состава, технологического свойства и т. д.), групповые пробы должны характеризовать собой все выявленные типы или сорта руд в отдельности (рис. 27).

Таблица 21

Количество объединяемых рядовых проб и число групповых проб
в зависимости от мощности рудных тел

Мощность рудных тел, м	Число рядовых проб, подлежащих объединению в групповую пробу	Число групповых проб
До 5	2-5	1-2
5-10	3-5	2-3
10-30	3-5	3-6
Более 30	6-10	8-10

В процессе изучения, опробования и оценки месторождений золота на попутные компоненты следует иметь ввиду, что при переработке твердых полезных ископаемых многие попутные компоненты (преимущественно рассеянные элементы) накапливаются в продуктах металлургического или химического передела, независимо от содержания их в перерабатываемых рудах или концентратах. Поэтому эти элементы должны учитываться в рудах даже при весьма низких содержаниях, которые могут быть надежно определены химическими и количественными спектральными анализами. При установлении промышленного содержания рассеянных элементов дополнительно анализируются мономинеральные пробы с целью выявления связи этих элементов с соответствующими минералами руд разведываемого месторождения, установления особенностей распределения рассеянных элементов, определения их содержаний в разных минералах, а также составления баланса их концентрации по отдельным минералам.

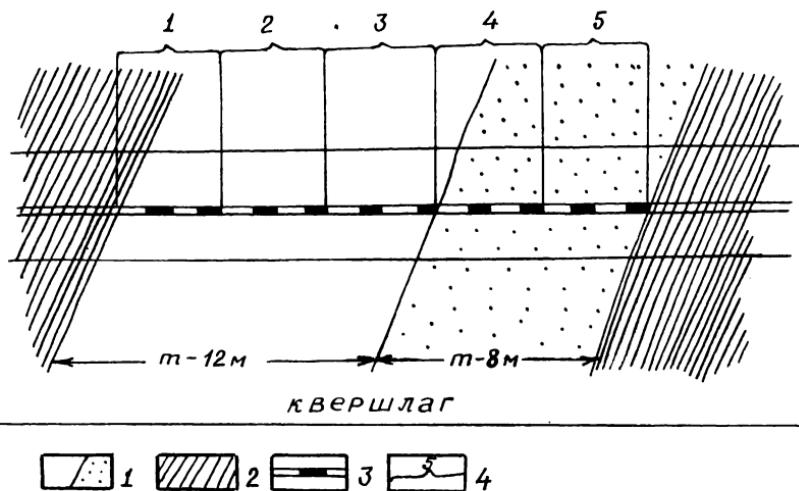


Рис.27. Схема отбора групповых проб при пересечении разведочной горной выработкой мощного рудного тела с различными типами руд:
1 — рудное тело; 2 — вмещающие породы; 3 — бороздовые пробы; 4 — групповые пробы

Для выделения мономинеральных проб может быть использован материал рядовых проб, характеризующих наиболее типичные руды месторождения. Материал, отобранный для мономинеральных проб, подвергается измельчению до размера частиц, при которых происходит максимально возможное вскрытие изучаемого минерала и освобождение его от сростков с другими минералами. При получении мономинеральных проб необходимо стремиться к их максимальной чистоте. Они должны, как правило, содержать не менее 90% выделяемого минерала.

В целях получения наиболее надежных результатов мономинерального опробования необходимо для каждого выделенного типа (сорта) руды провести ряд определений содержания рассеянных элементов по мономинеральным пробам. Это связано с тем, что содержание рассеянных элементов в одних и тех же минералах разных типов руд может значительно колебаться. При оценке рассеянных элементов также применяются лабораторные концентраты.

Количество групповых, мономинеральных проб или лабораторных концентратов зависит от размера месторождения, числа природных и промышленных типов (сортов) руд и их минерального состава, неравномерности распределения золота и попутных компонентов, стадии разведки месторождения и ряда других факторов. Пробы должны быть рационально размещены по месторождению или отдельному рудному телу, а их количество надежно характеризовать содержание попутных компонентов в рудах и рассеянных элементов в минералах по типам или сортам руд, выделяемым с учетом распределения золота в пределах соответствующих участков месторождения, отдельных рудных тел или подсчетных блоков.

Выбор соответствующего метода анализа проб на попутные компоненты и рассеянные элементы определяется задачами исследований, составом руд, концентратов и минералов, а также его чувствительностью и точностью. Содержание рассеянных элементов в рудах и минералах определяется химическими, количественными спектральными или другими методами анализа в соответствии с утвержденной методикой их проведения. На стадии поисково-оценочных работ при выявлении попутных компонентов достаточно проводить полуколичественные спектральные анализы. На стадиях предварительной и детальной разведки при установлении в рудах содержаний попутных компонентов, близких к промышленному, анализ проб производится методами, обеспечивающими необходимую точность результатов.

Все групповые пробы с целью изучения корреляционных зависимостей между золотом и попутными компонентами необходимо анализировать не только на попутные компоненты, но и на золото.

Опробование на основные и попутные компоненты должно сопровождаться статистической обработкой результатов опробования с целью обоснования возможности подсчета попутных компонентов методом корреляции. В случае выявления значимой корреляции между золотом и попутными компонентами рассчитывается уравнение регрессии, используемое в дальнейшем для определения содержания попутного компонента в зависимости от содержания основного компонента.

Для подсчета запасов попутных полезных компонентов и рассеянных элементов используются только количественные химические и спект-

ральные анализы, результаты которых должны быть выражены в процентах или граммах на тонну руды, минерала или концентратов. Оценка и подсчет запасов попутных компонентов и рассеянных элементов производится в контурах блоков подсчета запасов золота.

В поисково-оценочную стадию геологоразведочных работ на попутные компоненты опробуются основные рудные тела по наиболее типичным сечениям (3-5 в зависимости от размера рудных тел) с тем, чтобы оценить их на попутные компоненты по мощности, падению и простирианию. С этой целью используются рядовые пробы (или их дубликаты), отобранные на основной компонент в горных выработках и скважинах по отдельным сечениям. При изучении и оценке рассеянных элементов, в случае необходимости, могут быть отобраны мономинеральные пробы или использованы лабораторные концентраты.

Основными задачами опробования при поисково-оценочных работах являются: установление попутных компонентов в рудах и основных рудных минералах; определение уровня содержаний попутных компонентов и предварительное выяснение особенностей их состава и распределения в рудах и минералах; выбор метода и способов их опробования на стадии предварительной разведки.

На стадии предварительной разведки на попутные компоненты опробуются все рудные тела месторождения, а также вмещающие породы. В зависимости от вида попутных компонентов (сопутствующие компоненты, рассеянные элементы), их содержаний, характера и особенностей распределения в рудах, минералах и продуктах обогащения на этой стадии геологоразведочных работ могут быть использованы рядовые пробы (дубликаты), отобранные на основные компоненты, групповые пробы, составленные по отдельным типам (сортам) руд, мономинеральные пробы или лабораторные концентраты рудных или нерудных минералов.

Основными задачами опробования на стадии предварительной разведки являются: завершение работ по выявлению попутных компонентов и установление их содержаний; выяснение форм их нахождения и возможностей корреляционной связи с золотом; составление баланса распределения попутных компонентов по типам руд и минералам; предварительная оценка практического значения попутных компонентов и выделение рудных тел, по которым одновременно с подсчетом основных компонентов будут подсчитываться запасы попутных компонентов.

На стадии детальной разведки на попутные компоненты опробуются только те рудные тела и участки месторождения, руды которых являются промышленными на золото, и попутные компоненты в них могут иметь практическое значение. В эту стадию, когда основные закономерности распределения попутных компонентов достаточно хорошо выяснены и уровень содержаний установлен, определение содержаний попутных компонентов проводится по групповым пробам (за исключением тех случаев, когда содержание попутных компонентов учитывается при оконтуривании запасов комплексных руд через условное содержание золота), характеризующим определенные типы (сортам) руд по простирианию, мощности и падению рудных тел.

Главными задачами опробования на попутные компоненты в этот период разведки месторождения являются продолжение опробования руд и

минералов на попутные компоненты, уточнение их содержаний в промышленных типах (сортах) руд, выявляемых для подсчета запасов золота, окончательное выявление практического значения попутных компонентов и подсчет запасов.

На основании результатов опробования золоторудных месторождений, проводимого на всех стадиях геологоразведочных работ, необходимо провести оценку попутных компонентов, для чего следует установить следующее:

1) Какие попутные компоненты сопутствующие или рассеянные элементы присутствуют в рудах, с какими минералами они связаны и какие образуют собственные минералы; 2) содержание попутных компонентов в рудах по выделенным технологическим типам (сортам) золотых руд (для рассеянных элементов также в продуктах их обогащения или металлургического и химического переделов); 3) характер распределения попутных компонентов и возможные корреляционные связи между их содержаниями и содержанием золота; 4) баланс распределения попутных компонентов в рудах по выделенным технологическим типам (сортам) золотых руд и продуктам обогащения или металлургического и химического переделов; 5) промышленное значение попутных компонентов, экономическая целесообразность их извлечения и влияние попутно извлекаемых компонентов на общую оценку месторождения; б) запасы попутных компонентов в недрах, заключенные в контурах блоков подсчета золотоносных руд.

ГЛАВА 6. СПЕЦИАЛЬНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

В процессе разведки месторождений проводится специальное опробование для определения величины объемной массы руды, являющейся одним из главных параметров при подсчете запасов и имеющей большое значение для правильной их оценки [3,33].

Под объемной массой понимают массу единицы объема руды в ее естественном залегании без нарушения свойственных руде пустот и пор. Величина объемной массы указывается в т/м³ или г/см³. От объемной массы следует отличать удельную массу. Удельная масса руды — это масса единицы объема руды в плотном состоянии без учета пор, трещин, пустот, каверн. При разведке месторождений необходимо определять и использовать при подсчете запасов только величину объемной массы руды в ее естественном залегании, которая за счет присущей руде естественной трещиноватости и пористости меньше величины удельной массы. Определение удельной массы в процессе разведки необходимо при специальной характеристике физико-механических и горно-технических свойств руд и пород.

Одновременно с определением объемной массы должна устанавливаться влажность руды. Поскольку содержание полезных компонентов определяется путем лабораторных анализов на абсолютно сухую руду, следовательно и запасы их необходимо подсчитывать с учетом сухой руды. При разведке месторождений объемная масса руд определяется в естественно-влажном состоянии, следовательно, необходимо вводить поправку на влажность. Этим исключается влияние на величину объемной массы той влаги, наличие которой присуще соответствующему типу руды в коренном залегании. Влажность при разведке месторождений определяют не только с целью введения поправок в величину объемной массы, но и для общей качественной характеристики руд.

При проведении специального опробования необходимо знать, что ошибки в определении величины объемной массы могут значительно повлиять на точность подсчета запасов. Поэтому очень важно методически правильно определить этот параметр и применить его при подсчете запасов.

В работе охарактеризованы наиболее часто применяемые на золоторудных месторождениях способы определения объемной массы руды и рекомендованы методические приемы выполнения этого вида работ, которые позволяют более надежно устанавливать ее величину.

Следует однако отметить, что применяемые в настоящее время на коренных месторождениях золота способы определения объемной массы руды имеют ряд существенных недостатков. Они трудоемки, требуют прове-

дения заверочных работ и не исключают возможности возникновения ошибок. Кроме того, сама методика выполнения этого вида работ недостаточно совершенна и не имеет пока строгого научного обоснования.

6.1. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ РУДЫ

При определении объемной массы руды следует учитывать особенности минерального состава, уровня содержания полезного компонента, степени влажности, трещиноватости и др. В пределах всего месторождения, отдельных его рудных тел, горизонтов или блоков возможны значительные колебания в величинах объемной массы, которые зависят от влияния указанных факторов. Так как руды почти всегда характеризуются некоторой изменчивостью величины объемной массы, связанной с изменением минерального состава, то ее необходимо определять отдельно для каждого относительно однородного минерального (природного) типа руд, с учетом распространения по простирации и падению в пределах отдельных рудных тел или месторождения в целом. Для этих целей отбор образцов или осуществление соответствующих замеров следует проводить в различных частях рудного тела или участка месторождения, представленных соответствующим типом руд, с соблюдением равномерного их размещения.

Количество определений объемной массы в связи с многообразием типов месторождений и различием их размеров не может быть точно регламентировано, однако оно должно быть вполне достаточным для надежного определения средних величин объемной массы. Опыт разведки и подсчета запасов на незначительных по масштабу месторождениях показывает, что при однородном минеральном составе руд и близком уровне содержания золота в них достаточно 50-60, а для неоднородных руд, более сложных по составу и содержанию, 30-40 определений объемной массы по образцам для каждого их типа. В том случае, когда осуществляется разведка и оценка крупных месторождений, число определений по образцам может достигать 100-150 и более.

Работы по отбору образцов и валовых проб (или осуществление замеров при ядерно-физическом способе) должны проводиться в горных выработках, вскрывших оруденение с промышленным содержанием полезного компонента.

В связи с тем, что определение объемной массы по образцам обычно не связано с большими затратами средств и времени, необходимо по этим образцам определять в руде не только влажность, но и содержание полезного компонента. При большом количестве определений удается в некоторых случаях установить в рудах корреляционную зависимость между содержанием полезного компонента и объемной массой.

На золоторудных месторождениях, приближающихся к колчеданному типу руд, где выявлена непосредственная связь золота с сульфидами, после определения объемной массы обязательно следует направлять образцы на пробирный анализ для определения в них содержания золота. При выявлении четкой корреляционной зависимости между содержанием золота и сульфидами для предварительного определения объемной массы можно пользоваться в отдельных случаях уравнением регрессии.

Средняя величина объемной массы выводится как среднее арифметическое из частных определений объемной массы, установленных по образцам, валовым пробам или ядерно-физическими способом для соответствующего типа руд в пределах рудного тела, участка или месторождения в целом. Для каждого типа руд, запасы которых учитываются самостоятельно, объемная масса должна определяться отдельно.

Представительность средней величины объемной массы при всех способах ее определения зависит от количества проб (замеров), выбора мест отбора, качества взвешивания образцов или рудного материала, отбитого в валовую пробу, а также тщательности измерения объема образцов или выемочного пространства, учета степени влажности руд в их коренном залегании.

Определение среднего значения величины объемной массы по месторождению в целом без учета количественных соотношений отдельных типов руд, как и определение по всем образцам, характеризующим различные типы руд, является методически неправильным. Вычисление единой по месторождению или рудному телу средней величины объемной массы допустимо в случаях отсутствия типов руд, резко отличающихся величиной объемной массы.

Если выявляются значительные различия в величине объемной массы руды по простианию и падению рудных тел ($>20\%$), то следует выделить участки (блоки, группы блоков) руд с близкими по величине значениями. В этом случае при подсчете запасов надо учитывать не среднее значение величины объемной массы, установленное для всего рудного тела или месторождения, а величины, установленные по отдельным блокам или группе блоков, которые заключены между двумя или несколькими горизонтами горных выработок как по падению, так и по простианию рудных тел.

6.2. СПОСОБЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ РУДЫ

Существует несколько способов определения объемной массы. Наиболее распространенными среди них являются:

- лабораторный способ по отобранным образцам;
- валовый способ выемки руды из целика;
- ядерно-физический способ.

Известны также способы определения объемной массы руд по их минеральному составу, выявленному на основе химических анализов. Однако эти способы (и для мономинеральных руд) позволяют определить только приближенную величину их объемной массы, требуют сложных вычислений и введения поправок на пористость руд.

6.2.1. Выбор способа определения объемной массы

Выбор способа определения объемной массы проводится с учетом физико-механических свойств исследуемых руд, масштаба месторождения и технической оснащенности разведочной организации. На золоторудных месторождениях с крепкими рудами определение их объемной массы может быть осуществлено лабораторными или ядерно-физическими способами, так как при этом допускается наименьшая погрешность за счет отсутствия в рудных телах крупных естественных полостей. Способы ла-

бораторного и ядерно-физического определения объемной массы являются наиболее перспективными и менее трудоемкими.

В менее плотных рудах (трещиноватых, кавернозные и пористые) лабораторный способ определения объемной массы не учитывает реально существующие в рудных телах крупные полости, особенно в пределах зон окисления. В связи с этим могут возникнуть значительные ошибки в определении величины объемной массы руды в ее естественном залегании, поскольку в этом случае учитываются лишь микрополости и микротрещиноватость, свойственные образцам исследуемой руды.

Валовый способ определения объемной массы по сравнению с указанными способами считается более надежным. При нем за счет большого объема руды, вынимаемой в пробу, удается учитывать влияние на величину объемной массы не только мелкой трещиноватости и пористости, но и крупных пустот, которые присущи рудам некоторых типов золоторудных месторождений. На таких месторождениях для определения объемной массы применяется в основном валовый способ. С целью избежания ошибок в определении запасов руды и металла на крупных золоторудных месторождениях независимо от свойств руды, валовый способ определения объемной массы следует принимать за основной.

На месторождениях с достаточно плотными рудами валовый способ выемки руды из целика используется обычно в качестве контрольного для подтверждения или корректировки величины объемной массы, установленной по образцам в лабораторных условиях или ядерно-физическими способом. На основании контрольного валового способа для результатов лабораторного или других способов определения объемной массы может быть введен поправочный коэффициент (K_0). Он определяется как отношение величины объемной массы руды, установленной валовым способом (d_k), к величине объемной массы, установленной лабораторными или ядерно-физическими способами (d_o).

$$K_0 = \frac{d_k}{d_o} \quad (14)$$

Количество контрольных определений валовым способом в каждом конкретном случае должно быть достаточным для надежного определения поправочного коэффициента, но не менее 5-10 для каждого типа руд.

6.2.2. Лабораторный способ

Лабораторный способ предусматривает отбор образцов руды массой до 0,3-1,5 кг из забоев, стенок или кровли горных выработок. Объемная масса руд, залегающих на значительной глубине и не вскрытых горными выработками, может быть определена по образцам, отобранным из ненарушенного керна скважин, пересекающих рудные тела.

В лабораторных условиях объемная масса устанавливается в результате одного из следующих приемов.

1. Отобранный образец руды взвешивается в воздухе, а затем покрывается тонкой водонепроницаемой пленкой парафина (путем мгновенного погружения в расплавленный парафин) или лака, чтобы закрыть все имеющиеся поры и трещины. Таким образом при определении объемной массы учитывается реально существующие мелкая трещиноватость, пори-

стость и влажность руд в объеме изучаемого образца. Далее определяется объем образца, для чего его помещают в мерный сосуд с водой. Отношение массы образца к его измеренному объему составляет величину объемной массы.

При этом способе необходимо учитывать массу и объем парафина или лака, используемых для покрытия образцов. С этой целью образцы после парафинирования или покрытия лаком повторно взвешивают, что позволяет определить массу парафина или лака. Зная удельную массу последних, определяют объем парафинового (или лакового) слоя.

Объем парафина (или лака), покрывающего образец, вычисляют по формуле

$$V_n = \frac{g_n - g}{0,93} \quad (15)$$

где V_n — объем парафина, покрывающего образец;

g — масса образца до парафинирования;

g_n — масса образца после парафинирования;

0,93 — удельная масса парафина (или лака).

Объемную массу руды (d) для данного образца вычисляют по формуле

$$d = \frac{g}{V_o - V_n} \quad (16)$$

где g — масса образца до парафинирования;

V_o — объем парафинированного образца;

V_n — объем парафина, покрывающего образец.

2. Отобранный образец руды последовательно взвешивается в воздухе и в воде. Перед взвешиванием в воде образец также парафинируется или покрывается лаком. Объемная масса на основе данных взвешивания вычисляется по следующей формуле

$$d = \frac{g_1}{g_1 - g_2 - K(g_n - g_1)} \quad (17)$$

где g_1 — масса образца в воздухе;

g_2 — масса образца в воде;

$$K = \frac{1}{0,93} - 1 = 0,075.$$

3. Отобранный образец помещается в стеклянный сосуд (стакан), частично заполненный парафином. После расплавления последнего образец должен быть весь запарафинирован путем его полного погружения или в результате вращения образца в парафине.

Сосуд с парафином (перед погружением в него образца) взвешивается. В другом мерном сосуде большого объема определяется объем этой системы (сосуд + парафин). После погружения образца в парафин и затвердевания последнего в мерном сосуде снова определяется объем системы (сосуд + парафин + образец), а также ее масса. По разностям объемов и мас-

сы системы с образцом и без него устанавливается масса и объем образца, а затем вычисляется объемная масса руды.

6.2.3. Ядерно-физический способ

В основу ядерно-физического способа определения объемной массы руды положен гамма-метод, позволяющий учитывать изменение интенсивности гамма-излучения при прохождении через руду в зависимости от ее плотности. Способ может применяться как в горных выработках, так и в скважинах. Достоинства его очевидны, хотя он еще недостаточно широко используется на золоторудных месторождениях. К числу достоинств, прежде всего, относится возможность производства замеров в естественном залегании без отбора образцов руд и повторного их проведения в тех же местах.

Практически измерение объемной массы (плотности) руд при этом способе осуществляется по одному из следующих приемов.

1. На обнаженной поверхности руд в забоях (стенках) горных выработок или скважинах устанавливается источник направленного гамма-излучения и приемник, защищенный от прямого излучения источника свинцовым экраном. Гамма-лучи, проникая в руду, достигают приемника. В зависимости от объемной массы руды, расстояния от источника до приемника (базы прибора), природы и активности источника первичного излучения меняется интенсивность гамма-излучения, достигающего приемника при прохождении через руду.

2. В пределах выбранных участков в забоях и стенках разведочных горных выработок бурится система коротких шпуров (глубиной до 0,6 м) по сети $0,3 \times 0,3$ м. Источник (эталон) гамма-излучения помещается поочередно в каждой из пробуренных шпуров. Соответственно в соседний с ним шпур вводится приемник, предназначенный для измерения интенсивности гамма-излучения, ослабленного при прохождении через руду. В качестве источника гамма-излучения может быть использован мезоториевый или другой эталон.

При расчете объемной массы изучаемой руды используется функциональная зависимость величины поглощения гамма-лучей от плотности поглощающей среды:

$$\frac{J}{J_0} = F(\rho_x, Z_{\text{эфф}}, E_0), \quad (18)$$

где J и J_0 — величина гамма-радиации на расстоянии при наличии и отсутствии поглощающей среды плотностью ρ_x ;

$Z_{\text{эфф}}$ — эффективный атомный номер среды;

E_0 — энергия гамма-лучей источника.

В скважинном варианте определения объемной массы руд применяются стандартные (иногда модернизированные) технические средства ГГК-п, серийно выпускаемые промышленностью.

6.2.4. Валовый способ

При валовом способе определения объемной массы в рудном теле из целика стремятся извлечь некоторый объем руды правильной геометрической формы. Объем выемочного пространства может колебаться от одного кубометра до нескольких. Выемка руды из целика при этом способе осуществляется обычно с применением буровзрывных работ. Для этого на стенке горной выработки выбирается участок, который по возможности тщательно выравнивается вручную или отбойным молотком. Затем бурится система шпурков с целью получить нишу соответствующих размеров (обычно $1 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$, $2 \times 1 \times 1 \text{ м}^3$ и т.п.). В связи с тем, что стенки ниши (выемки) после взрыва неровные, их выравнивают для получения правильной геометрической формы.

В практике разведки месторождения для определения объемной массы используют и выемку руды из горных выработок обычного разведочного сечения в процессе их проходки на 1-2 отпалки. При этом масса вынутой при взрыве руды может достигать 15-25 т. Этот способ является более трудоемким из-за большого объема подготовительных работ, требований точного определения объема выемочного пространства и взвешивания отбитого материала.

После отбойки руды из целика вся ее масса взвешивается, а выемочное пространство тщательно замеряется. Отношение массы отбитой руды к объему выемочного пространства позволяет определить величину объемной массы руды в участке ее отбойки.

$$d = \frac{g}{V} \quad (19)$$

где g — масса отбитой руды;

d — объемная масса руды;

V — объем выемочного пространства.

Главным условием надежного определения объемной массы при валовом способе является правильное измерение объема выемочного пространства. Необходимо также с большей точностью определять и массу вынутой руды. С этой целью следует предусмотреть тщательный контроль за процессом взвешивания руды и исключить возможность ее потерь.

Методика измерения объема выемочного пространства

При выемке целика буровзрывным способом из стенок горных выработок получают нишу соответствующих размеров. Объем ее в большинстве случаев незначителен и определяется на основе многократных замеров высоты (H), ширины (B), длины (глубины) ниши (L) и последующего вывода средних их значений по формуле

$$V = H \times B \times L \quad (20)$$

С этой целью по сети 20×20 см или 30×30 см, в зависимости от размеров ниши, измеряют ее высоту, ширину и длину (глубину). Количество замеров ниши позволяет достаточно надежно определить средние показатели указанных ее параметров. Расчет объема ниши методом умножения сред-

них величин высоты, ширины, длины не вызывает больших затруднений и достаточно точно отражает объем соответствующего выемочного пространства [38].

Выемка руды из целика буровзрывным способом должна осуществляться с соблюдением мер, исключающих разлет руды и обеспечивающих ее полный сбор. Отбойка руды обычно проводится на железные листы или деревянный настил, покрытый брезентом. Вынутая из ниши руда помещается в ящики с заранее установленной массой и взвешивается.

В случаях, когда отбор валовой пробы осуществляется в процессе проходки горной выработки обычного разведочного сечения, могут возникнуть значительные трудности в определении объема выемочного пространства. Сечение горной выработки в таких случаях имеет неправильную и сложную геометрию за счет возникающего обрушения пород из кровли и стенок выработки, а сечение кровли выемочного пространства приобретает овальную форму. Следовательно, вычисление его объема умножением средних значений высоты, ширины, длины по формуле (20) не является достаточно надежным. Оно допустимо при выемке руды из относительно небольшой по объему ниши, когда исключается возможность обрушения пород и сохраняется взаимно перпендикулярное расположение ее стенок.

При выемке руды с применением буровзрывных работ за счет вывалов из кровли и стенок выработки масса вынутой руды обычно не соответствует намеченному (теоретическому) объему выемочного пространства, что приводит в ряде случаев к значительному завышению величины объемной массы. Поэтому чрезвычайно важно правильно определить объем выемочного пространства с учетом вывалов, возникающих при отбойке руды [35].

В соответствии с разъяснением ГКЗ СССР (приложение №1 к протоколу ГКЗ СССР №86 от 19 июня 1980 г.) объем выработки (выемочного пространства) при отбойке руды буровзрывным способом можно представить как сумму элементарных объемов, каждый из которых заключен между двумя параллельными поперечными сечениями. Их площадь (S_1 и S_2) определяется известными маркшейдерскими способами — способом линейных засечек, полярным способом и др. с последующим планиметрированием отстроенного контура или по формулам

$$S_1 = H_{\max} \times \bar{B}, \quad (21)$$

$$S_2 = B_{\max} \times \bar{H}, \quad (22)$$

где S_1 и S_2 — площадь сечений, ограничивающих элементарный объем;

$\frac{H_{\max}}{H}$ — максимальная высота выработки;

$\frac{B_{\max}}{B}$ — средняя высота выработки;

$\frac{B_{\max}}{B}$ — максимальная ширина выработки;

$\frac{B}{B}$ — средняя ширина выработки.

В этом случае средняя площадь частного сечения (S_u) может быть определена

$$S_u = \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (23)$$

В результате реальный объем выемочного пространства с учетом вывалов из стенок и кровли, может быть вычислен по формуле

$$V = \bar{S} + L_{\max}, \quad (24)$$

где \bar{S} — среднее значение площади по серии параллельных частных сечений

$$S = \frac{\bar{S}_{u_1} + \bar{S}_{u_2} + \dots + \bar{S}_{u_n}}{n} \quad (25)$$

L_{\max} — максимальная длина выработки.

Для правильного определения объема выемочного пространства количество измерений высоты и ширины выработки в каждом сечении, а также количество рассматриваемых частиц сечений должно быть не менее десяти. Такое большое количество измерений создает, естественно, технические трудности, однако способствует надежному определению объемной массы руды.

В тех случаях, когда горные выработки после проходки имеют стандартное трапециевидное сечение, а длина выемочного пространства не превышает 1,0-1,5 м, отклонения от идеального (теоретического) сечения выработки легко устанавливаются маркшейдерскими замерами. Возможные незначительные вывалы в кровле и в стенках выработки измеряются отдельно и учитываются в общем объеме целика при расчете объемной массы руды.

Объем выемочного пространства в этом случае может быть определен способом замера площадей сечения забоев (до и после выемки руды) и длины выработки между этими забоями. Замеры проводятся после осуществления следующих операций.

Перед выемкой руды горная выработка тщательно очищается от ранее отбитой руды. Затем на расстоянии 0,5-0,6 с от забоя по периметру (в стенах и кровле)

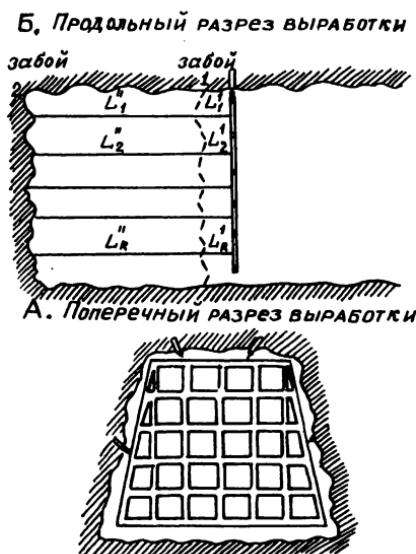


Рис.28. Схема замеров при определении объема выемочного пространства.

горной выработки бурятся короткие шпуры, в которые вставляются деревянные пробки. К последним крепится в строго вертикальном положении решетка из тонких деревянных планок с размером сторон квадратных ячеек 20 см. Форма плоскости решетки должна соответствовать конфигурации поперечного сечения горной выработки (рис. 28).

После закрепления решетки, с помощью деревянной рейки с делением на сантиметры производится измерение расстояний между плоскостью решетки и поверхностью забоя (до выемки руды). Рейка при этом располагается каждый раз в узлах решетки и ориентируется перпендикулярно ее плоскости.

На основе выполненных замеров определяется среднее расстояние (\bar{L}') между плоскостью решетки и забоем (до выемки руды) по формуле

$$\bar{L}' = \frac{L'_1 + L'_2 + \dots + L'_n}{n}, \quad (26)$$

где L'_1, L'_2, L'_n — расстояние от решетки до забоя в точках замера;
 n — количество замеров.

Перед проведением буровзрывных работ решетка снимается. После выемки руды и тщательной зачистки горной выработки решетка вновь устанавливается в прежнее положение. Производятся замеры расстояний между плоскостью решетки и вновь образованным забоем (L''_1, L''_2, L''_n), а среднее расстояние (\bar{L}'') определяется способом, аналогичным формуле (26).

Одновременно с измерением расстояний определяются площади сечений забоев до и после выемки руды S_1 и S_2 (для определения площади сечения S_2 решетка переносится в забой после выемки руды). Для этого используется измеренная площадь решетки и замеры расстояния между контуром сечения горной выработки и контуром решетки (в ее плоскости). Объем выемочного пространства в этом случае устанавливается по формуле

$$V = (\bar{L}'' - \bar{L}') \times \frac{S_1 + S_2}{2} \quad (27)$$

Объем выемочного пространства может быть определен и способом стереофотограмметрической съемки. Он основан на стереоэффекте, получаемом при рассмотрении стереопары снимков одного и того же объекта. Такие снимки получают с двух точек при соответствующем базисе. Определение выемочного пространства осуществляется на стереопаре снимков с помощью объемной палетки или путем обработки снимков на стереометре или стереокомпарателе.

При валовом способе определения объемной массы руды, когда выемочное пространство соответствует габаритам разведочной горной выработки, имеют дело с выемкой значительной массы руды, взвешивание которой рационально производить в вагонетках. Обязательным условием

качественного измерения массы такого количества руды является чистота емкостей вагонеток и взвешивание каждой нагруженной вагонетки в отдельности.

6.3. ВВЕДЕНИЕ ПОПРАВОК В ВЕЛИЧИНУ ОБЪЕМНОЙ МАССЫ РУДЫ НА ЕЕ ЕСТЕСТВЕННУЮ ВЛАЖНОСТЬ

При лабораторном и валовом способах определения объемной массы образцы руд всегда содержат определенное количество влаги, свойственное руде в местах их отбора. Поэтому при определении влажности следует помнить, что объемная масса зависит от ее величины в момент проведения специального опробования и в связи с этим необходимо одновременно с определением объемной массы устанавливать влажность по тем же образцам и валовым пробам.

Влажность руды подвержена влиянию атмосферных условий и ее нельзя определять по образцам и пробам, долго хранившимся на поверхности, так как в одних случаях образцы могут оказаться полностью высушенными, а в других — сильно увлажненными.

Определение объемной массы без одновременной оценки влажности руды, а также выявление влажности по образцам, отобранным в других местах, может привести к значительным ошибкам. В случае валового способа для определения влажности отбирают ряд образцов из отбитого материала.

Определение влажности руды необходимо также осуществлять по типам руд, так как естественная влажность в них может меняться в широких пределах (от долей процента до 25–35%). Для плотных, например, золото-кварц-сульфидных руд, она обычно, колеблется от 2 до 5%.

Естественная влажность руд не является строго постоянной величиной и изменяется в зависимости от глубины залегания рудных тел, времени года, уровня грунтовых вод и т. д.

Влажность определяют путем взвешивания образца руды в естественно-влажном и сухом состоянии. Для сохранения влажности в сильной трещиноватой и пористой руде ее образцы при отборе парафинируют. После взвешивания образцов руды во влажном состоянии их раскалывают на отдельные кусочки крупностью 5–10 мм и высушивают в электрическом сушильном шкафу при температуре 100–110° или в эксикаторе путем поглощения влаги из образца концентрированной серной кислотой.

После повторного взвешивания образца частное значение влажности в образце руды рассчитывается по следующей формуле

$$W = \frac{g_1 - g_2}{2} \times 100, \quad (28)$$

где W — влажность руды в %;

g_1 — масса образца руды с естественной влажностью;

g_2 — масса сухого образца руды.

Среднюю величину влажности для соответствующего типа руд выводят по ряду частных значений, выявленных в процессе определения объемной массы руды по отдельным образцам. В соответствии с выявленным средним значением влажности руды в среднюю величину объемной массы

влажной руды вводится поправка. Величина объемной массы абсолютно сухой руды определяется по формуле

$$d_{\text{сух}} = \frac{d_{\text{вл}} \times (100 - W)}{100} \quad (29)$$

где $d_{\text{сух}}$ — объемная масса сухой руды;

$d_{\text{вл}}$ — объемная масса влажной руды;

W — влажность руды, %.

Эта величина объемной массы сухой руды и учитывается при подсчете запасов руды и металла.

ГЛАВА 7. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

В процессе разведки золоторудных месторождений технологические исследования являются одним из важнейших видов работ и имеют большое значение для их оценки. С учетом показателей по технологии переработки руд разведуемого месторождения составляется ТЭО кондиций и проводится подсчет запасов. Правильность выводов технологических исследований в немалой степени зависит от соблюдения требований, предъявляемых к технологическому опробованию, а именно: от представительности проб, методики их отбора и предварительной обработки, хранения, транспортировки и т.д. [33, 18, 41].

Без проведения технологических исследований не может быть дана промышленная оценка месторождения, не могут быть утверждены запасы и произведено проектирование горнорудного предприятия. Следовательно, вопросу технологического опробования необходимо уделять большое внимание на всех стадиях геологоразведочных работ.

В связи с тем, что в последнее время осваиваются труднообогатимые руды и руды с низкими содержаниями золота, вопросы технологического опробования приобретают еще большее значение.

7.1. НАЗНАЧЕНИЕ ОПРОБОВАНИЯ, ВИДЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ И ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К НИМ

Технологические исследования проводят на специальных технологических пробах, отбираемых при разведке месторождений. Назначением технологического опробования является отбор и приготовление представительных проб для технологических исследований. По результатам последних осуществляется технологическая типизация руд разведуемого месторождения, выбор эффективных методов и технологических схем извлечения золота и попутных компонентов, а также определение технико-экономических показателей обогащения руд. Отбор проб для технологических исследований проводится на различных стадиях геологоразведочных работ (от поисково-оценочных работ до детальной разведки), а также в процессе эксплуатации месторождения.

В табл. 22 приведены виды, количество и характеристика технологических проб, а также задачи технологических исследований проб, отбираемых на различных стадиях геологоразведочных работ.

Технологические свойства руд обычно изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых

Таблица 22

Виды технологических проб, отбираемых на различных стадиях геологоразведочных работ, и задачи их исследования

Стадии геологоразведочных работ	Виды проб и их назначение	Масса пробы, направляемой на исследования	Количество проб	Основные задачи технологических исследований отобранных проб
Поисково-оценочные работы	Минералого-технологические, лабораторные	20-30 до 200 кг	По числу природных типов или минеральных разновидностей руд	Изучение вещественного состава и обогатимости руд; технологическая типизация руд и разработка технологических схем обогащения различных типов руд
Предварительная разведка	Минералого-технологические, лабораторные Малые технологические (картировочные)	100-500 кг 1 до 20-50 кг	5-10 Несколько десятков, несколько сотен	Изучение вещественного состава и обогатимости руд; технологическое картирование
Детальная разведка	Технологические, лабораторные Укрупненно-лабораторные Полупромышленные Опытно-промышленные	10-15 до 30 т 100-300 до 1000 т 1000-2000 т	По числу технологических типов руд 1-2 1-2 1	Уточнение вещественного состава руд и форм иххождения золота и других компонентов; разработка технологической схемы переработки руд, проверка ее в укрупненном и полупромышленном масштабе со снятием технологических показателей, необходимых для подсчета запасов и проектирования ГОК

технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах.

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные типы и минеральные разновидности руд, выявленные на месторождении. На лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных типов руд с полнотой, обеспечивающей выбор оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных показателей обогащения. Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

В результате исследований перечисленных проб технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

На стадии поисково-оценочных работ на месторождении проводится отбор минералого-технологических проб, представляющих природные типы или реже минеральные разновидности руд. Природные типы выделяются в зависимости от минерального и химического их состава, текстурно-структурных и других особенностей, с учетом возможности их четкого пространственного обособления, обеспечивающего возможность селективной их добычи. Минеральные разновидности руд выделяются в пределах одного природного типа в результате изучения одного из преобладающих свойств руд (минеральный, химический состав и др.). В результате проведения технологических исследований минералого-технологических проб на обогатимость разрабатывается принципиальная технологическая схема обогащения руд и проводится предварительное выделение их технологических типов. Технологический тип руд — это руды, отличающиеся по вещественному составу, формам нахождения золота и перерабатываемые по различным схемам. Добыча руд различных типов (например, первичных и окисления) ведется раздельно. Технологические типы в большинстве случаев соответствуют природным типам руд, однако встречаются месторождения, на которых внутри одного природного типа выделяется несколько технологических типов руд.

На стадии предварительной разведки обычно отбирают минералого-технологические и малые технологические (картировочные) пробы для лабораторных исследований технологических свойств руд. В результате выявляется неоднородность руд на различных участках и горизонтах месторождений и выделяются сорта руд. Технологический сорт руд — это руды, отличающиеся по свойствам и показателям обогатимости внутри одного технологического типа. Руды различных сортов обычно перерабатываются совместно по единой схеме, но в определенных соотношениях. Сорта, как правило, соответствуют минеральным разновидностям руд.

На основании исследований в эту стадию выполняется технологическая типизация руд, разработка технологических схем обогащения различных типов руд и проводится выделение и оконтуривание в пространстве типов и сортов (составляются планы и разрезы).

На стадии детальной разведки на месторождении отбираются технологические пробы для проведения лабораторных, укрупненно-лабораторных, полупромышленных и опытно-промышленных исследований. Целью их является углубленное изучение свойств всех руд, представленных на месторождении, разработка полных схем переработки руд различных технологических типов, включая вопросы переработки концентратов, обезвреживание стоков, водооборота, утилизация отходов и проверки полученных данных в полупромышленном масштабе со снятием показателей, необходимых для подсчета запасов руд и проектирования промышленного предприятия.

Качество изучения технологических свойств руд месторождения во многом определяется не только объемом и методикой проведения исследований, но и представительностью отбираемых проб.

Требования к представительности технологических проб должны быть следующими:

- вещественный состав пробы должен соответствовать среднему вещественному составу руды изучаемого типа;
- содержание золота и попутных компонентов должно быть близко к среднему их содержанию в руде данного типа;
- материал проб должен правильно отражать размеры золота и характер его связи с другими компонентами руды.

7.2. ЗАДАЧИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА РАЗЛИЧНЫХ СТАДИЯХ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ

7.2.1. Поисково-оценочные работы

На стадии поисково-оценочных работ обычно имеются ограниченные данные о содержании золота и общие представления о морфологии рудных тел и характере распространения золотого оруденения. В эту стадию работ предварительно выделяются природные типы или минеральные разновидности руд.

Задачами технологических исследований (см. табл. 22) при этом являются определение вещественного состава минеральных разновидностей руд, установление принципиальной возможности извлечения золота, выбор примерных схем переработки руд и предварительная технологическая типизация руд разведываемого месторождения [8, 9, 18]. Изучение технологических свойств минеральных разновидностей руд позволяет также выяснить, на какие сопутствующие компоненты руды следует обратить особое внимание. Результаты исследований, проведенных в эту стадию, используются для обоснования дальнейших геологоразведочных работ и при геолого-экономической оценке месторождения.

Технологическая типизация сложных монотипных руд на стадии предварительной разведки значительно облегчается, если отбор технологических проб и их исследование начинается уже в процессе поисково-оценочных работ. Получаемые в итоге результаты технологических исследований имеют предварительный характер и позволяют в дальнейшем провести более обоснованную типизацию руд с необходимой технологической оценкой.

7.2.2. Предварительная разведка

На стадии предварительной разведки достаточно густая сеть выработок дает возможность составить представление о месторождении в целом. Обычно устанавливаются общие размеры месторождения, условия залегания и морфология рудных тел,дается качественная и количественная характеристика золотого оруденения и выделяются наиболее перспективные участки для проведения детальной разведки. Задачей технологических исследований минералого-технологических проб при этом является изучение вещественного состава руд и выбор технологии их переработки.

Технологическое исследование должно проводиться вместе с минералогическим изучением руд, задачей которого является выяснение форм нахождения и размеров золота и других минералов, а также характера их срастания друг с другом. При решении технологических задач выполняется технологическая оценка руд на обогатимость, изучаются измельчаемость (самоизмельчаемость), процессы гравитационного и флотационного обогащения, цианирования и другие метода переработки руд и концентратов, испытывается новая перспективная аппаратура. При исследовании труднообогатимых руд золоторудных месторождений требуется проведение в большом объеме экспериментальных работ по изысканию наиболее рационального способа переработки руд и концентратов. Например, вовлечение в разведку золото-мышьяковых руд, при обогащении которых получаются упорные концентраты, вызывает необходимость постановки специальных исследований по изысканию рационального метода переработки концентратов (плавки на железный штейн, бактериального выщелачивания, обжига-цианирования и др.). Таким образом, учитывая особенности вещественного состава руд, испытывается тот или иной метод переработки концентратов.

В результате проведения технологических исследований разрабатывается схема переработки руды и концентратов, определяются режим измельчения, реагентный режим и характеристики работы нового оборудования, проводится типизация руд с выделением технологических типов. При этом может оказаться, что разнотипные (по предварительной типизации) руды обрабатываются по одной и той же технологической схеме и, следовательно, они могут быть отнесены к одному технологическому типу руд.

Выделение технологических типов руд осуществляется на стадии предварительной разведки по совокупности следующих признаков:

- присутствие в рудах помимо золота других промышленных компонентов;
- степень окисления руд;
- наличие в рудах компонентов, осложняющих технологию их переработки;
- формы нахождения золота изучаемых руд, в первую очередь его крупность и ассоциации с другими минералами.

Первые три из указанных признаков выявляются в основном аналитическими методами и только в некоторой степени могут быть установлены визуально, четвертый признак выявляется при минералогических и технологических исследованиях [8,9].

Кроме признаков, отражающих вещественный состав руд, следует учитывать и такие, как наличие условий для селективной отработки руд каждого типа и величину запасов этих руд. При этом надо исходить из того, что запасы руды должны быть такими, чтобы обеспечить работу отдельной ее секции на достаточно продолжительное время. В некоторых случаях в пределах одного технологического типа целесообразно разделять руды на сорта (богатые, средние и бедные), при выделении которых необходимо учитывать содержание не только золота, но и других промышленно-ценных компонентов.

Руды разных технологических сортов перерабатываются совместно по единой технологической схеме, но и получением различных показателей обогащения. Поэтому в задачу технологических исследований должно входить не только испытание обогатимости сортов руд по рекомендованной схеме, но и изучение особенностей вещественного состава, а также выделение на этой основе признаков, позволяющих подразделить руды на технологические сорта, определить влияние выявленных признаков на показатели обогащения руд различных сортов.

На стадии предварительной разведки целесообразно проводить технологическое картирование месторождения. Для этого с различных участков месторождения отбираются малые технологические пробы массой от 1 до 20-50 кг с целью проведения технологических исследований по сокращенной схеме. При этом изучается вещественный состав руды (определяется содержание полезных и попутных компонентов и основных примесей, размеры и формы нахождения золота и примесей, осложняющих технологию переработки руды), проводятся исследования руд на обогащаемость.

Результаты технологического картирования отражаются на планах и разрезах в виде контуров распространения руд различных технологических типов. Это позволяет в дальнейшем более четко распределить руды месторождения по технологическим типам и сортам, выявить их пространственное положение и количественное соотношение, повысить представительность технологических проб, отбираемых для полупромышленных испытаний, точнее подсчитать запасы руд с учетом извлечения золота и других полезных компонентов по каждому типу, повысить качество проектирования и работы фабрики за счет более полного учета особенностей руд, прогнозирования изменений их качества и т.п.

Если на стадии поисково-оценочных работ при отборе проб по минеральным разновидностям обеспечивается, как правило, качественная характеристика руд, то при отборе проб по технологическим типам на стадии предварительной разведки надо исходить из количественной характеристики. Данные исследования минералого-технологических и малых технологических проб помогают точнее выделить и оконтурить различные технологические типы руд, что позволяет в дальнейшем при отборе больших технологических проб правильно определить необходимое их количество и наметить места отбора.

Задачами технологического картирования является изучение:

— вещественного состава руд (определение содержания полезных и попутных компонентов, размеров и форм нахождения золота и примесей, осложняющих технологию переработки);

— обогатимости проб по схеме и режиму, рекомендуемому для обогащения руд того типа, к которому относятся данные пробы.

Полученные рекомендации по корректировке реагентного режима особенно важны для последующей эксплуатации месторождения, т.е. при поступлении на обогатительную фабрику неоднородной руды различных технологических сортов. Наличие гибкого реагентного режима обеспечит получение более высоких технологических показателей по извлечению золота из руды.

7.2.3. Детальная разведка

На стадии детальной разведки получают наиболее полные данные о геологическом строении месторождения, морфологии рудных тел, качестве руд и расположении отдельных их типов, а также о закономерностях изменения вещественного состава руд, содержания в них золота и других полезных компонентов по простирации и падению рудных тел. В этот же период выявляются гидрогеологические и горно-технические условия ведения эксплуатационных работ. Уточняются и проверяются в укрупненно-лабораторном и полупромышленном масштабе технологическая схема и режимы переработки руд месторождения.

При детальной разведке отбирают большие (крупнообъемные) технологические пробы, по которым проводятся исследования в полупромышленных, а при необходимости и в опытно-промышленных условиях. Если по каким-либо причинам в стадию предварительной разведки минералого-технологические пробы не были отобраны, то они отбираются при детальной разведке месторождения, в ее начальный период, с целью их исследования до отбора больших технологических проб.

От полупромышленных проб непосредственно на месторождении отбираются лабораторные пробы. Последние должны полностью представлять полупромышленную пробу по составу и содержанию полезных компонентов. Перед проведением полупромышленных испытаний пробы должны быть исследованы в лабораторных условиях. Разработанные при этом режимы обогащения проходят последующую проверку на крупнотонажных пробах при полупромышленных и опытно-промышленных технологических исследованиях.

Полупромышленные пробы в зависимости от их массы обрабатываются на специальных полупромышленных установках или опытных фабриках. Задачей полупромышленных испытаний является проверка и уточнение технологической схемы переработки руд, режима измельчения (самоизмельчения), реагентного режима, определение характеристик работы нового, недостаточно апробированного оборудования. С учетом все возрастающих требований к охране окружающей среды в задачу полупромышленных испытаний должно также входить изучение состава жидкой фазы пульпы, испытание разработанной технологической схемы в условиях водооборота с корректировкой реагентного режима, определение показателей обогащения руды и расходов обезвреживающих реагентов.

При наличии на месторождении нескольких промышленных типов руд полупромышленные исследования проводятся отдельно для каждого типа.

Раздельная обработка руд разных технологических типов или сортов по сравнению с обработкой их смеси позволяет получить более высокие технологические показатели, но в то же время усложняет работу горно-обогатительного предприятия, так как в этом случае требуется строительство отдельных самостоятельных секций фабрики. Таким образом, при проведении технологических исследований следует стремиться к получению обоснованных данных о необходимости раздельной переработки руд различных типов, которая определяется с учетом запасов руд всех типов и условий по отработке месторождения.

При разведке золоторудных месторождений с труднообогатимыми рудами (например, золото-мышьяковые) отсутствие промышленно-апробированного метода переработки концентратов вызывает необходимость проведения дополнительных исследований по разработке технологии извлечения благородных металлов из концентратов. Поэтому задачей полу-промышленных испытаний этого типа руд также является наработка концентрата для проведения последующих (иногда полупромышленных) исследований по его переработке.

Опытно-промышленные технологические исследования золотых руд на обогатимость производятся для месторождений, имеющих большое народнохозяйственное значение и требующих для их освоения больших капиталовложений. Такие исследования проводятся и тогда, когда средние содержания золота и попутных компонентов в товарной руде очень низкие (на грани промышленного) и оценка рентабельности горного предприятия находится в прямой зависимости от фактически достижимого процента извлечения из руд золота и других полезных компонентов. Эти исследования необходимы в случаях, когда для обогащения руд месторождения приходится применять новые, недостаточно апробированные практикой схемы, или новое оборудование.

В результате полупромышленных и опытно-промышленных испытаний уточняется вещественный состав руд, проверяются технологическая схема и режим, определяются показатели обогащения с использованием оборотной воды, составляются схемы цепи аппаратов, качественно-количественная и водно-шламовая схемы, т.е. снимаются все показатели, необходимые для составления ТЭО постоянных кондиций, подсчета запасов и проектирования промышленного предприятия.

7.3. МЕТОДИКА ОТБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Виды и объем технологического опробования золоторудных месторождений на различных стадиях геологоразведочных работ предусматриваются специальным разделом проекта проведения геологоразведочных работ.

В случаях необходимости отбора технологических проб, не предусмотренных проектом работ, документом, определяющим их отбор, является утвержденное техническое задание. При необходимости проведения большого объема горно-подготовительных работ для отбора крупнотоннажной технологической пробы (проб) составляется отдельный проект. В нем указывается назначение технологической пробы, вид технологических исследований (лабораторные, укрупненно-лабораторные, полупромышленные испытания). Здесь же приводятся сведения о методике раз-

ведки месторождения, степени его разведанности, указывается их минеральный и химический состав, а также расчетные содержания основных и попутных компонентов и вредных примесей.

Проект отбора технологических проб должен содержать данные о наличии и состоянии горных выработок, в которых предполагается отобрать пробу, а также обоснование размещения и выбора количества мест отбора. Кроме того, указываются способ отбора и обработки технологических проб, условия хранения, вид их упаковки и транспортировки к месту исследования.

К проекту прилагаются графические материалы (планы, разрезы), отражающие пространственное положение природных и технологических типов руды, результаты геологического опробования и расположения мест, намеченных для отбора технологических проб.

При отборе технологических проб очень важно правильно выбрать необходимое количество пунктов отбора частных проб, составляющих технологическую пробу, и правильно расположить их в пределах опробуемого месторождения или его участка. Пункты отбора частных проб должны располагаться в пределах площади разведаемого месторождения или его участка с учетом изменчивости вещественного состава и текстурно-структурных особенностей руд, а также содержания полезного компонента. Определение количества пунктов отбора частных проб для представительной характеристики соответствующего технологического типа или сорта руды должно осуществляться исходя из конкретных геологических и горно-технологических условий месторождения.

Технологические пробы отбирают в строгом соответствии с проектом и техническими условиями отбора. Отбор проб осуществляют лишь после окончательного уточнения мест их отбора и получения соответствующих данных, подтверждающих представительность выбранных участков.

Технические условия представляют собой основную и ответственную часть проекта, обеспечивающую отбор представительной пробы. Они определяют целевое назначение технологической пробы (исследование технологического типа, сорта руд, рудного тела, участка или всего месторождения), а также основные задачи исследований (выяснение принципиальной возможности обогащения руды, разработка промышленной схемы и т.д.) и их характер (лабораторные, укрупненно-лабораторные, полупромышленные).

Отбору проб для технологических исследований предшествует геологическое опробование разведочных выработок (скважин) и изучение минерального и химического состава, структуры и текстуры руд, т.е. основных показателей, их качества в соответствии с требованиями, предъявляемыми к данному виду минерального сырья. Одновременно с этим составляется баланс распределения полезных и вредных компонентов по минеральным формам их нахождения, изучаются физические свойства руд. По данным минералого-химического изучения, а также результатов исследований физических свойств руд выделяются их минеральные (природные) разновидности, которые могут обладать различными или близкими свойствами.

Отбор проб для технологических испытаний выполняют геологи, непосредственно изучающие месторождение, при участии или консульта-

ции специалистов-технологов. Технологическая типизация руд разведуемого месторождения должна проводиться технологами, занимающимися исследованием технологических проб. Выделение технологических типов руд и отбор технологических проб для каждого золоторудного месторождения имеют свою специфику.

7.3.1. Отбор лабораторных проб

В поисково-оценочную стадию работ отбирают минералого-технологические пробы для лабораторных исследований массой от 20-30 до 200 кг по числу минеральных (природных) разновидностей руд. При этом по каждой разновидности в пределах их развития намечают 1-2 пересечения, по которым тем или иным способом (навзрыв, борозда, задирка и др.) отбирают рудный материал в пробу.

На стадии предварительной разведки месторождения отбираются лабораторные минералого-технологические пробы массой от 100 до 500 кг.

Для достижения наибольшей представительности этих проб рудный материал для каждой из них следует отбирать не в одном, а в нескольких местах, расположенных по возможности равномерно в пределах площади распространения технологического типа руд. С этой целью на основе данных геологической документации и опробования на погоризонтных планах намечаются места отбора рудного материала в малую технологическую пробу. Содержание золота в отбираемых минералого-технологических пробах должно примерно соответствовать среднему его содержанию в опробуемой руде соответствующего технологического типа, выявленного по данным технологических исследований на стадии поисково-оценочных работ.

Из общего числа участков, которые по данным геологического опробования и технологического картирования являются наиболее типичными для месторождения, выбирают самые удобные для отбора проб по техническим условиям. Количество руды, отбираемой на каждом участке, должно быть пропорционально количеству запасов, которые она представляет.

При небольшом количестве горных выработок, вскрывающих рудное тело (10-15), материал для пробы может быть взят из всех пройденных горных выработок, пересекающих руду соответствующего технологического типа. Исключение составляют выработки, где руда по составу, уровню содержания, своему строению и другим свойствам не характерна для данного технологического типа. В этом случае, когда рудное тело вскрыто большим количеством горных выработок, рудный материал для проб можно отбирать не из всех выработок, а только из тех, которые пересекают его в наиболее характерных частях.

Наметив места пробоотбора, необходимо по данным геологического опробования горных выработок подсчитать для характеризуемого участка среднее содержание золота в руде. Если оно будет отличаться более чем на 20% от среднего содержания, подсчитанного по всем пересекающим участок выработкам, расположение и количество мест пробоотбора следует изменить, выбрав вариант, при котором различие в содержании не будет превышать указанного предела.

Отбор проб осуществляется путем производства специальных выемок в виде борозд (или задирок) в стенках, кровле или в почве выработок, пересекающих рудное тело на всю его мощность. Сечение борозд подбирается таким образом, чтобы после отбора рудного материала из всех намеченных мест масса технологической пробы составила установленную величину. Количество материала, поступающего в пробу из каждого места отбора, должно быть пропорционально объему руд, тяготеющему к этому месту. При достаточно равномерном расположении выработок это достигается постоянством сечения борозд, с помощью которых отбирается материал пробы. В случае неравномерного расположения горных выработок для соблюдения необходимой пропорции поступления материала поперечные сечения борозд могут изменяться.

Руду в технологическую пробу следует отбирать с таким расчетом, чтобы она поступала в пробу не засоренной вмещающими породами. Безрудные прослои, находящиеся внутри рудного тела, также включают в состав материалов пробы, если они являются невыдержаными и мало мощными, а раздельная их выемка при разработке месторождения невозможна или нецелесообразна. Если при отборе технологической пробы в рудных телах небольшой мощности (менее 0,8-1,0 м) установлено засорение руды вмещающими породами, то необходимо указать на это в паспорте пробы и сообщить лаборатории предполагаемое разубоживание в процентах. При этом также необходимо отобрать отдельную пробу вмещающих пород массой 40-50 кг, что позволит провести исследования над смесью руды и вмещающих пород (в соответствующей пропорции).

При малом развитии подземных горных выработок технологическая пробы может быть составлена из керна буровых скважин, специально пробуренных для этой цели, или из материала, оставшегося после отбора геологических проб. Необходимым условием в таком случае является достаточно высокий выход керна ($\geq 70\%$) и отсутствие его избирательного истирания. Общий порядок составления минералого-технологической пробы по скважине тот же, что и при отборе из горных выработок. Исходная масса технологической пробы, отобранный из керна, по согласованию с лабораторией может быть меньше обычной.

7.3.2. Отбор крупнообъемных проб

Отбор крупнообъемной пробы осуществляется с учетом результатов испытаний малых технологических проб. Такая технологическая пробы, предназначенная для полупромышленных испытаний, может представлять все разведенное месторождение. Однако при наличии на месторождении нескольких технологических типов руд, совместная обработка которых не rationalьна, а выемка может производиться селективно, необходимо отобрать отдельные полупромышленные пробы по каждому типу руд и провести их исследование.

Вопрос о необходимости отбора одной общей для всего месторождения технологической пробы или ряда проб, отражающих разные типы руд, решается с участием специалистов-технологов, проводивших предварительные лабораторные исследования руд месторождения, и представителей проектной организации. Отбор и исследование одной средней пробы

по всему месторождению во многих случаях считается недостаточным. Исследование нескольких проб обеспечивает более полную и надежную технологическую оценку руд, что позволяет обоснованно проектировать горные работы и технологическую схему обогатительной фабрики.

Необходимая масса технологической пробы устанавливается с участием представителя организации, которая будет проводить технологические исследования. Масса пробы обычно колеблется от 10-50 (укрупненная) до 200-300 т (полупромышленная), в отдельных случаях она может достигать 1000-2000 т. Необходимая для исследований масса большой технологической пробы определяется исходя из: технических особенностей руды; сложности технологических схем обработки; количества концентратов, необходимого для проведения лабораторных и полупромышленных исследований; производительности опытной установки, на которой она будет обрабатываться; имеющегося оборудования и применяемых способов измельчения руд.

На основании всех имеющихся по месторождению данных и с учетом результатов технологического картирования геологами, ведущими разведку месторождения, составляется проект отбора технологической пробы для полупромышленных испытаний. Предполагаемая масса пробы и схема ее отбора, намечаемые в проекте, должны быть согласованы с организацией, осуществляющей исследования. После этого согласования проект отбора пробы утверждается руководством геологоразведочной партии или экспедиции. От того, насколько правильно составлена рабочая схема отбора полупромышленных проб, во многом зависит их представительность и обоснованность промышленной оценки разведенного месторождения.

В связи с важностью технологических исследований и большими затратами средств, времени и труда на отбор, транспортировку и обработку крупнотоннажных технологических проб, необходимо обеспечить их высокую представительность. Материал проб на этом этапе технологических исследований должен удовлетворять следующим требованиям:

- соответствовать по вещественному и гранулометрическому составу, структуре и текстуре руд и другим показателям средним параметрам руд месторождения или его участка;

- отражать размер и форму золота, характер связи его с другими компонентами руды;

- отличаться по содержанию золота и других полезных компонентов от среднего их содержания в руде не более, чем на 20%.

Методика отбора больших технологических проб и их количество должны быть обоснованы для каждого конкретного золоторудного месторождения.

Полупромышленную пробу, представляющую все месторождение или значительную его часть, следует отбирать не на одном, а на нескольких участках, которые в сумме наиболее полно отражают все основные минералого-петрографические, текстурные, химические, физические и другие свойства руд. Большая технологическая пробы также должна представлять средний состав рудной массы, т.е. руда и разубоживающие ее вмещающие породы должны быть в соотношении, близком к тому, в котором они подаются на фабрику в процессе отработки месторождения.

Большие технологические пробы, предназначенные для полупромышленных испытаний, как правило, должны представлять ту часть месторождения, которая на данном этапе геологоразведочных работ разведана по категории $B+C_1$ или C_1 . Запасы категории C_2 при составлении полупромышленной технологической пробы не учитываются, если они разведаны только скважинами и расположены на более глубоких, не вскрытых участках месторождения.

Большие технологические пробы отбирают в горных выработках и только в исключительных случаях — из керна буровых скважин.

Отбор проб из горных выработок

При отборе большой технологической пробы из горных выработок необходимо соблюдать следующие условия:

— на каждом выбранном участке материал в пробу нужно отбирать равномерно по всей мощности рудных тел — от лежачего до висячего бока;

— пробы по своему составу должна быть близка к товарной руде.

Если в рудном теле встречаются маломощные прослои пустых пород, то они включаются в пробу, как и вмещающие породы из зальбандов. В процессе отбора больших технологических проб по маломощным жилообразным рудным телам необходимо руководствоваться размером выемочного пространства. Максимальная мощность пустых пород, включаемых в рудный интервал, и ширина выемочного пространства должны соответствовать установленным кондициям.

Конкретные условия отбора технологических проб определяются в зависимости от мощности рудного тела, способа разведки и вскрытия месторождения, необходимой массы материала пробы, отбираемой на отдельных участках месторождений и т.д. Когда масса большой технологической пробы достигает 10–50 т (объем горной массы в целике соответственно составляет 4–20 м³), а пробы отбираются на 3–15 участках, то на каждом из них берется сравнительно небольшое количество материала, в среднем от 2 до 10 т. Этот материал легко может быть отобран из имеющихся разведочных горных выработок. При небольшой мощности рудного тела (жилы), прослеживаемого штреками по простианию, технологическая пробы необходимого объема и массы может быть отобрана в забое штрека, в процессе его проходки, после одной—двух отпалок.

В том случае, когда рудное тело имеет значительную мощность и разведается секущими выработками (рассечками, ортами, квершлагами), материал в пробу отбирается из боковых стенок выработок путем частичного их расширения. Для этой цели по всей мощности рудного тела может быть выбита борозда большого сечения (шириной 0,4–0,5 м и глубиной не менее 0,4 м). Такие размеры борозды диктуются необходимостью получать рудный материал в более крупных кусках. Отбойка руды проводится путем бурения неглубоких шпуров с последующей отпалкой. Если количество отбитого материала значительно превышает необходимое расчетное количество, то оно сокращается в нужной пропорции сразу же в горной выработке при погрузке материала пробы в вагонетки.

При отборе технологической пробы массой 200–300 т (объем порядка 80–120 м³) на каждом из участков отбирается обычно от 20 до 30 м³ руды. Такой объем руды из существующих горноразведочных выработок отобрать бывает невозможно и приходится проходить специальные горные выработки. Из маломощных рудных тел отбор технологической пробы может быть осуществлен путем проходки штреков или восстающих (особенно, если они могут быть пройдены между двумя разведочными этажами). В случае отбора пробы из мощных рудных тел, разведенных секущими горными выработками или горизонтальными скважинами, следует проходить специальные горные выработки (рассечки, орты), располагая их вблизи уже пройденной разведочной выработки или между двумя соседними, ранее пройденными и вскрывающими рудное тело на всю его мощность.

При массе большой технологической пробы около 2000 т отбор материала может быть выполнен только из специально пройденных очистных выработок (блоков). На маломощных рудных телах очистную выработку следует располагать по простиранию рудного тела и ограничивать двумя восстающими, пройденными до отбора пробы. Целесообразно также располагать очистную выработку между двумя разведочными горизонтами. В рудных телах большой мощности очистную выработку располагают вкrest простиранию рудного тела и ограничивают также двумя восстающими. Отбойку руды необходимо проводить лентами по всей мощности рудного тела. При этом количество лент и высота очистной выработки определяется массой руды, отбираемой в пробу из данной выработки. После окончания отбора большой технологической пробы забои и стеники выработок вновь опробуются с целью получения наиболее полных данных о содержании золота и попутных компонентов в отбитой руде.

В том случае, если отбор проб производится из специально проходимых выработок разведочного или очистного типа, то они в процессе проходки подвергаются систематическому геологическому опробованию. Забои рудных штреков опробуются по мере их проходки после каждой отпалки, очистные же выработки — систематически, по мере продвижения их забоев. В квершлажных выработках опробование осуществляется по двум стенкам.

При отбойке руды в технологическую пробу из разведочных или специально пройденных для этой цели выработок необходимо соблюдать меры, обеспечивающие полный сбор отбитого материала пробы и исключающие его засорение посторонним материалом. Для этого следует предварительно тщательно отбивать кровлю выработок и проводить отбойку руды на железные листы. Отбор технологических проб требует тщательности и аккуратности в проведении работ. Нельзя допускать потерю мелкого материала, который часто обогащен золотом или содержит компоненты, существенно влияющие на технологию переработки руд, а также длительного хранения материала технологических проб под землей или на поверхности. Это может привести к существенным изменениям руд (окислению сульфидов, выщелачиванию некоторых компонентов, смерзанию руд и т.п.). Материал пробы, отбитый в очистных выработках, должен выпускаться в специально маркированные вагонетки. Необходимо следить за

полнотой выпуска из камеры рудного материала и особенно мелкой части, исключая при этом засорение руды боковыми породами.

Одновременно с геологическим опробованием выработок, из которых отбираются технологические пробы, проводится их геологическая документация в участках отбора проб. При этом тщательно описываются строение рудных тел, их размеры, условия залегания, минералогический состав и т.д. Геологическая ситуация в интервале опробования зарисовывается или фотографируется в масштабе 1:50 или 1:25. На зарисовках или фотодокументах наносятся все места отбора проб и указываются их номера. Геологическая документация и результаты геологического опробования мест отбора технологической пробы прикладываются в дальнейшем к ее паспорту.

Если на стадии детальной разведки можно определить источник водоснабжения будущей фабрики, то необходимо отобрать из него пробу и проанализировать ее на примеси, влияющие на технологию переработки руды, а результаты анализа сообщить в организацию, в которой будут исследовать руду.

Отбор проб из керна буровых скважин

Если по условиям разведки месторождения большую технологическую пробу возможно отобрать только из керна буровых скважин, то ее массу приходится ограничивать 2-3 т. Поскольку керн с рудных интервалов разведочных скважин после геологического опробования бывает полностью или частично использован, то для составления большой технологической пробы необходимо бурить специальные скважины на участках, выбранных для этой цели с учетом данных предшествующих разведочных работ. Все это вызывает большие трудности. При диаметре керна 59-60 мм (диаметр коронки 76 мм) и высоком его выходе (90-95%) с одного погонного метра скважины может быть получено не более 7-8 кг руды.

Следовательно, для составления технологической пробы массой в 3 т. необходимо пробурить по рудному телу 350-400 п.м. скважин. Это может быть выполнено лишь в том случае, когда рудное тело имеет значительную мощность, а длина рудного интервала, пересекаемого скважиной, составляет не менее 15-20 м. Однако даже в этом случае требуется специально пробурить 20 и более скважин для отбора из них технологической пробы.

Керн каждой скважины, отбиравшийся в технологическую пробу, предварительно должен быть опробован. С этой целью из рудного интервала каждой скважины составляется частная сквозная пробы из отдельных небольших кусочков, равномерно отбитых от керна по всей длине рудного интервала. Масса материала, отбиравшегося с погонного метра скважины, обычно составляет 0,3-0,5 кг, а общая масса сквозной пробы — несколько килограммов. Каждая частная сквозная пробы в дальнейшем проходит обычную обработку в лаборатории. После измельчения материала до размера частиц — 1 мм из него отбирают лабораторные пробы для анализа, а остатки объединяют, составляя пробы, характеризующую материал всей технологической пробы. Объединение остатков материала сквозных кер-

новых проб производится пропорционально фактической длине рудных интервалов, вскрытых каждой скважиной.

Объединенная керновая проба вместе с основной технологической направляется в организацию, производящую обработку и исследование технологической пробы, и используется для предварительных испытаний.

7.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ПОДГОТОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ К ИССЛЕДОВАНИЯМ

В состав работ по предварительной обработке (разделке) технологических проб входят перемешивание, сокращение, взвешивание и выделение дубликата.

Разделку лабораторных технологических проб сравнительно небольшой массы, отобранных в разведочных горных выработках, проводят на специально подготовленном настиле из листового железа или плотно подогнанных досок. При этом размеры площадки должны быть достаточными для проведения указанных операций обработки проб. Крупнотонажные полупромышленные пробы разделяются на специальной бетонированной площадке.

Контрольное опробование материала, отбитого в технологическую пробу (лабораторную, укрупненно-лабораторную) малой массы, осуществляется после ее разделки. Основным условием надежности контрольного опробования является сохранение в контрольной пробе того же соотношения различного по крупности и качеству материала, что и в опробуемой рудной массе.

Наилучшим способом контрольного опробования технологических проб сравнительно малого объема является способ вычерпывания, заключающийся в отборе частных контрольных проб по всей мощности отбитого материала после его перемешивания и размещения ровным слоем (толщиной 0,3-0,6 м) на специально подготовленной площадке. Частные контрольные пробы в этом случае отбираются по равномерной сети с параметром ячейки от 30 до 50-60 см в зависимости от массы технологической пробы, тщательности перемешивания и однородности материала. Отбор проб осуществляют специальным пробоотборником, изготовленным из труб большого диаметра.

Контрольное опробование крупнотонажных (полупромышленных) проб большой массы (сотни тонн) целесообразно проводить путем отбора частных контрольных проб из вагонеток в процессе доставки материала технологических проб на площадку накопления.

По данным контрольного опробования характеризуют представительность технологических проб.

Материал лабораторных проб, как правило, должен состоять из кусков руды размером 30-40 мм. Составлять пробу из мелкого материала (мелоче 20-25 мм) нежелательно, так как на такой пробе будет трудно исследовать сортировку рудного материала. Кроме того, мелкий рудный материал быстрее окисляется. Если размер кусков исходного материала пробы превышает 40 мм, то его необходимо просеять на грохоте с отверстиями указанного размера, а более крупный материал подвергнуть дроблению. После дробления (если оно было необходимо) материал пробы тщательно пере-

мешивается многократным (не менее трех раз) пересыпанием на кольцо и конус. Затем от него отбирают путем вычерпывания одну десятую часть, которую используют в дальнейшем в качестве контрольной пробы.

Контрольная пробы анализируется с целью выявления содержания золота и сопутствующих полезных и вредных компонентов. Если содержание ценных компонентов в контрольной пробе по отношению к содержанию их в рудах оцениваемого участка окажется больше 20%, то исходный материал лабораторной пробы признается непригодным и отбор осуществляется заново.

Материал технологической пробы после получения положительных результатов по контрольной пробе делится на две части, одна из которых является лабораторной пробой, направляемой на испытания, а другая в качестве дубликата хранится непосредственно на месторождении.

Рудный материал, отбираемый в полупромышленную пробу, должен быть тщательно взвешен. При массе пробы до 300 т. ее материал взвешивается в вагонетках в процессе транспортировки от забоя до площадки накопления. В этом случае взвешиваются все вагонетки с рудой. Аналогично определяется фактическая масса технологической пробы, отобранной из очистных выработок, однако в этом случае ограничиваются выборочным взвешиванием каждой десятой-двадцатой вагонетки, при тщательном учете их количества. Одновременно со взвешиванием материала пробы осуществляется маркшнейдерский замер пространства в той выработке, из которой была отобрана пробы. При маркшнейдерском замере в очистных выработках необходимо определить степень разубоживания руды боковыми породами.

Рудный материал полупромышленной пробы, поступающий от места отбора в вагонетках, опробуется из вагонеток (отбирают горстьевые пробы массой 4-5 кг). При массе технологической пробы до 300 т. горстьевые пробы отбираются из каждой вагонетки, а при массе 2000 т. — из каждой пятой-десятой. Из горстьевых проб составляется объединенная пробы массой в 1-2 т, которая характеризует технологическую пробы в целом.

На специально подготовленной площадке (лучше засебонированной) материал пробы объединяется и тщательно перемешивается. Перемешивание полупромышленных проб большой массы осуществляется бульдозером или экскаватором. При этом куски руды крупнее 30-40 см разбиваются, чтобы материал технологической пробы в основном состоял из кусков 25-30 см. Объединенная пробы делится на две части. Одна часть направляется в исследовательскую организацию, а вторая является дубликатом и хранится на месте сбора технологической пробы. При транспортировке и перемешивании пробы необходимо следить, чтобы она не загрязнялась посторонним материалом и не переизмельчалась. Желательно сохранять большую часть материала пробы в кусках размером 25-30 см. Это связано с тем, что мелкий материал, как правило, более обогащенный золотом, быстрее теряется и окисляется при хранении, что снижает представительность технологической пробы.

Крупность материала большой технологической пробы в каждом конкретном случае согласовывают с исследовательскими организациями. Если проектом работ предусмотрены такие испытания, как измельчение или промывка руд, то дробление материала пробы исключается. От пробы и ее

дубликата отбираются контрольные пробы, равные по своей массе одной десятой части общей массы пробы или дубликата. После соответствующей обработки контрольные пробы поступают в лабораторию для анализа на золото и сопутствующие полезные и вредные компоненты. Анализ контрольных проб должен быть осуществлен до отправки технологической пробы на исследование.

7.5. ТРАНСПОРТИРОВКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

При транспортировке технологических проб от места отбора до места накопления (складирования) и исследования особое внимание следует обращать на недопустимость потерь материала или его разубоживания. С этой целью принимается целый ряд мер:

- вагонетки, в которых материал отбитой технологической пробы направляется на накопительную площадку, тщательно очищаются, промываются и маркируются;
- материал пробы загружается в вагонетки до такого уровня, который бы исключил его потерю в процессе транспортировки от забоя до мест складирования и разделки;
- тщательно контролируется прохождение маркированных вагонов до мест накопления и учитываются их количество и масса.

После завершения разделки технологических проб они подготавливаются для транспортировки к местам исследования. Транспортировка технологических проб массой до 10-15 т к месту исследования, как правило, осуществляется в ящиках. Предварительно материал пробы упаковывается в крафт-мешки, что исключает потери мелкой его части. Каждый мешок с материалом пробы взвешивается и помещается в отдельный плотный ящик, который маркируется. При этом номера и масса каждого мешка надписываются на мешках и заносятся в сопроводительную ведомость. Кроме того, в каждый мешок вкладывается бирка, где обозначается номер мешка и масса рудного материала в нем.

Если на месторождении отбирается несколько технологических проб, характеризующих разные типы руд, то перед номером каждого отдельного мешка проставляется индекс, присвоенный соответствующей технологической пробе. В отдельных случаях технологические пробы массой до 10-15 т могут быть транспортированы в плотных ящиках без предварительной упаковки в мешки. При этом доски в ящиках должны быть плотно подогнаны и соединены в шип. После этого упакованная пробы направляется в лабораторию соответствующего института на исследование. Для удобства транспортировки массу каждого ящика с материалом пробы следует ограничивать до 60-80 кг.

Транспортировка крупнотоннажной технологической пробы (полупромышленной, опытно-промышленной) в несколько сот тонн к месту испытаний может осуществляться навалом в самоотвалах и вагонетках или в специальных контейнерах в зависимости от расстояния и условий транспортировки. При ее погрузке, транспортировке и выгрузке следует принимать все необходимые меры, исключающие потерю материала, его загрязнение и воздействие на него атмосферных явлений (ветра, дождя, снега и т.д.).

7.6. ДОКУМЕНТЫ, ХАРАКТЕРИЗУЮЩИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЫ

Для минералого-технологических и малых технологических проб, направляемых на исследование, их масса, места и время отбора, а также характеристика вещественного состава и крупность материала и другие сведения указываются в паспорте и акте об отборе, специальных журналах, а также в сопроводительных ведомостях, составляемых в процессе их отбора и направленных вместе с пробами в лабораторию, где будет осуществлено их исследование.

После завершения работ по отбору и разделке больших технологических проб составляются акты (Приложение 1), включающие объяснительные записки и паспорта (Приложение 2) на каждую пробу. Объем и содержание этих документов должны быть достаточными для оценки представительности проб, их пригодности к технологическим исследованиям, а также для осуществления интерпретации их результатов. Все эти документы должны быть неотъемлемой частью технологических проб и направляться вместе с ними в организацию, осуществляющую технологические исследования.

В объяснительной записке приводится краткое описание геологического строения месторождения, дается характеристика рудных тел с указанием их количества, условий залегания, протяженности по падению и проекции, морфологии, мощности, а также указывается минералого-петрографический состав руд и вмещающих пород, характер контактов рудных тел с вмещающими породами, содержание основного и сопутствующих полезных и вредных компонентов.

В ней кратко характеризуются установленные или предположительно выделенные типы и разновидности руд, их распространение в пределах границ месторождения, условия возможности раздельной отработки, доля запасов соответствующего типа руд, представленных технологическими пробами. Если в пробу включены руды разных технологических типов, которые требуют раздельной отработки, но не могут быть селективно вынуты из недр, то необходимо указать соотношение объемов этих типов руд.

Кроме того, в объяснительной записке приводятся данные о физико-механических свойствах руд и вмещающих пород, горно-технических условиях отработки месторождения, о факторах, определяющих разубоживание руд, принятой системе разработки месторождений и т.п. В заключительной части указывается количество и назначение технологических проб, характеризующих различные типы руд или отдельные участки месторождения. Объяснительная записка сопровождается схематичным планом месторождения с нанесением рудных тел (масштаб 1:1000 — 1:5000), наиболее характерными разрезами и погоризонтными планами (масштаб 1:500 — 1:200) с нанесенными на них горными выработками, контурами рудных тел, интервалами выработок, из которых отбирался материал для технологической пробы. В пунктах отбора отмечается масса рудного материала, поступившего в технологическую пробу.

В паспорте, прилагаемом к каждой технологической пробе, указывается название месторождения, вид технологической пробы, количество пунктов опробования, технологический тип руд или участок месторождения,

по которым отбиралась проба. В нем описываются условия и порядок отбора пробы на каждом пункте, перечисляются и характеризуются все операции по ее первичной обработке, приводятся данные об общей массе технологической пробы, а также сведения о ее транспортировке и количестве отправленных ящиков, контейнеров и т.д.

К паспорту прилагаются схемы отбора технологической пробы с указанием расположения всех мест отбора рудного материала и результатов контрольного геологического опробования, привязанного непосредственно к местам отбора технологических проб. В паспорте должны быть приведены результаты анализов групповых проб на все попутные полезные и вредные компоненты в пределах участков, характеризуемых пробой. Также необходимо приложить схему отбора дубликата технологической пробы, зарисовки (или фотодокументы) и описание забоев (стенок) выработок, из которых отбирался рудный материал для технологических проб, планы опробования этих выработок с нанесением контуров рудных тел.

Состав, количество и полнота прилагаемых графических материалов устанавливается в каждом конкретном случае и должны обеспечивать полное представление о пространственном положении в рудном теле или на месторождении как отдельных частных проб, так и в целом всей технологической пробы соответствующего вида.

В паспорта больших технологических проб следует включать фотодокументы массовой и детальной фотосъемок. Для рудных тел простого строения, выдержанной мощности и сравнительно однородного минерального состава в паспорте больших технологических проб могут быть представлены фотодокументы масштаба 1:25 (1:50) по передней и задней стенкам (забоям) выемочного пространства (2-4 фотоснимка), характеризующих геологическое опробование в интервалах отбора технологических проб.

Если рудные тела имеют сложное строение и неравномерное распределение полезных компонентов, то паспорта технологических проб должны включать фотодокументы по всем сечениям рудного тела, полученным в процессе проходки специальных разведочных или очистных выработок, и соответственно, полные развертки по восстающим и квершлажным выработкам. Количество фотодокументов детальной фотосъемки также должно быть до 4-8 с целью представления всех разновидностей руды, характеризующих материал данной пробы.

Все перечисленные документы составляются непосредственно на месторождении организацией, ведущей его разведку.

Приложение 1

Экспедиция _____
 Партия _____
 Год _____

УТВЕРЖДАЮ
 Главный геолог экспедиции

“ ____ ” * 19 г.

А К Т

об отборе технологической пробы № _____
 месторождения

Мы, нижеподписавшиеся:

главный геолог партии _____, геолог _____
 нач.горных работ (зав.кернохранилищем) _____
 старший пробоотборщик _____, на основании проекта
 ГРП (экспедиции) на отбор
 технологической пробы
 (вид пробы)

составили настоящий акт о нижеследующем:

1. В период с “ ____ ” 19 г. по
 “ ”

19 г. в соответствии с техническими условиями проекта
 отбора пробы _____ (номер документа, дата,
 наименование организации) _____
 произведен отбор технологической пробы № _____
 для проведения (лабораторных, полупромышленных) испытаний руд
 месторождения
 (рудного тела, горизонта)

2. Расчетная масса пробы _____ кг (т)
 Фактическая масса пробы _____ кг (т)
 Масса дубликата _____ кг (т)
 3. Технологическая пробы характеризует _____ сорт (тип)
 руды _____ месторождения, рудного тела,
 в категориях разведанности _____ на стадии _____
 разведки, составляющих _____ % запасов.
 4. В пробу поступил материал _____ (макроскопическое описание).

Расчетное содержание в пробе основных и попутных полезных компонентов, а также вредных примесей _____

5. В составе пробы включены (или нет) разубоживающая масса висячего (лежачего) бока в количестве _____ % по массе (объему), некондиционные прослои забалансовых руд или руд других типов в количестве _____ % по массе (объему).

6. Руда подвергалась (не подвергалась) дроблению.

7. Отбор пробы произведен из следующих горных выработок
 (скважин) _____ (номера выработок, время их проходки).

Способ отбора материала _____.

Максимальная крупность кусков в пробе _____ мм.

8. Проба состоит из частных проб (перечисляются номера частных проб, места их отбора и результаты контрольного опробования).

9. Особые условия отбора пробы (описываются специфические случаи включения или исключения отдельных интервалов).

10. Схема предварительной обработки (разделки) технологической пробы.

11. Условия упаковки материалов пробы и дубликата.

12. Количество отправленных ящиков, контейнеров и т.д.

13. Адрес, способ отправки, номер багажной квитанции.

Подписи ответственных лиц

Приложение 2

ПАСПОРТ

технологической пробы № _____

1. Технологическая пробы отобрана _____ (целевое назначение)

2. Технологические условия на технологическую пробу (результаты расчета качества и количества материала по проекту).

П/П	Тип руды	Соотношение типов в пробе	Содержание компонентов, %	Объем разубоживающей массы	Содержание компонентов в разубоживающих породах, %	Масса материала пробы, кг/т	Содержание компонентов в пробе
Сумма Среднее							

3. Химический состав пробы приведен в таблицах (в том числе средних и частных проб, характеризующих наиболее вероятные колебания).

4. Минеральный состав. Количественное соотношение минералов в каждом типе (сорте) руды и разубоживающей массе представляют в виде таблиц. Обязательно указывают способ подсчета минералов и количество использованных анализов. Дается краткое описание структурно-текстурных особенностей руды.

5. Результаты контрольного опробования мест отбора частных проб приводят в таблице.

П/П	Тип руды	Номера частных проб	Места отбора проб (привязка)	Номера проб контрольного опробования	Содержание компонентов в контрольных пробах, %	Примечание
Сумма Среднее						

6. Опробование технологической пробы произведено _____ способом.

7. Заключение о представительности технологической пробы.

Подписи ответственных лиц:

Примечание: Паспорт пробы сопровождается планом ее отбора, геологическими зарисовками и описанием мест отбора частных проб, схемой обработки и сокращения пробы.

Таблица
к паспорту технологической пробы

Химический состав пробы

Состав пробы	Привязка частных проб			Выход керна	Масса, кг	Содержание компонентов в пробе, % или г/т					
	«Сто-зя-тия»	Интервалы				главные	по-пут-ные	вред-ные	поро-до-обра-зую-щие		
		от	до								
Тип (сорт) руды											
Всего											
Разубоживающая масса											
Всего											
Итого в пробе											
— в средней пробе											
— по счастным пробам											

Аналогичная таблица составляется в случае отбора пробы из горных выработок: исключается графа "выход керна"; если пробы отобраны не способом борозды, то исключается графа "длина".

Таблица минерального состава руд аналогична.

ГЛАВА 8. ПРИМЕНЕНИЕ ФОТОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ОПРОБОВАНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Наряду с систематической геологической документацией, осуществляющейся в процессе геологоразведочных работ, участки вскрытия и подсечения выработками рудных тел, по которым производятся различные виды опробования, заслуживают особенно пристального внимания.

На фактической геологической основе — графической зарисовке или фотодокументах выработок — отображаются контуры мест отбора проб, позволяющие иметь четкое представление об их расположении относительно элементов залегания и внутреннего строения рудных тел, околоврудных изменений вмещающих пород. В журнале геологической документации содержатся данные о мощности, минеральном составе, текстурно-структурных особенностях рудных тел, наличии видимого золота, а также номера проб, длина секций и их сечение. Следовательно, от качества выполненной геологической документации в значительной мере зависит объективность последующих исследований, связанных с анализом и оценкой результата опробования.

Выполнению задач в связи с различными видами опробования во многом отвечает фотографический способ регистрации данных. Фотодокументы массовой и детальной фотосъемки горных выработок и керна колонковых скважин способны зафиксировать не только места отбора проб различного назначения на фоне конкретной геологической ситуации, но и сам факт выполнения этих работ, а в ряде случаев и их качество. Последние обстоятельства свидетельствуют о явном преимуществе фотометода по сравнению с графической зарисовкой.

Фотогеологическая документация различных видов разведочных выработок базируется на фотоаппаратуре и фотоматериалах отечественного производства и изложена в ряде специальных руководств [25, 26]. Ей присущи простейшие приемы фотосъемки и получения масштабированных фотодокументов, измерительная точность которых отвечает требованиям построения погоризонтных планов и разрезов по месторождению. Разрешающие возможности фотоснимков, реализуемые в процессе камерального и полевого дешифрования, обеспечивают высокую информативность первичных геологических документов [6].

Методика фотогеологической документации применительно к различным видам опробования содержит ряд специфических черт. От соблюдения рекомендуемых приемов в определенной степени зависит эффективность использования фотодокументов.

8.1. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ОПРОБОВАНИИ ОБНАЖЕНИЙ И ОТКРЫТЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

На стадии поисково-оценочных работ обычно применяют выборочное опробование. Определяют рудные тела и гидротермально-измененные породы, выходящие на поверхность или вскрытые канавами, расчистками, короткими траншеями. В случае использования естественных обнажений пробы может быть представлена единичными штуфами горных пород, в открытых выработках пробы отбирают обычно бороздовым или задирковым способами. Объектами фотогеологической документации являются естественные обнажения и штуфы, а также стенки или полотно горных выработок на участках отбора проб.

Определяемые поверхности тщательно расчищают от почвы, дресвы и грубого обломочного материала. Затем выполняют геологические наблюдения и привязку обнажения или участка выработки к опорному геодезическому реперу; делаются замеры залегания структурных элементов геологических объектов и необходимые записи в полевую книжку. В плоскости обнажения устанавливают масштабную рулетку или метку длиной 0,1-0,5 м, а вблизи предполагаемого места отбора штуфной пробы — специальную марку с порядковым номером обнажения или другими исходными данными. Далее производят отбор штуфной пробы и геолого-минералогическое описание. Фотосъемка отдельных штуфов выполняется чаще всего в полевых условиях. Используется тот же фотоаппарат со штатным объективом, при необходимости — удлинительные кольца. Штуф размещают на темном фоне — полотне или брезенте. На поверхности штуфа (сбоку или по центру) устанавливают масштабную метку длиной 3-5 см, фотометрический клин из пяти градаций черно-серо-белого цвета и марку с номером пробы.

В результате фотосъемки получают два вида фотоснимков. Первый — в масштабе массовой документации 1:25 или 1:10 — для общего представления о характере рудопроявления в естественном обнажении и расположении точек отбора штуфных проб. Второй — в масштабе детальной документации 1:1 или 1:2 — штуфов руды, отображающих типичный минеральный состав ее и текстурно-структурные особенности.

Фотогеологическую документацию при опробовании открытых горно-разведочных выработок бороздовым способом рекомендуется выполнять после отбора проб. Тогда след борозды будет зафиксирован на фотоснимке в конкретной геологической обстановке.

Фотосъемка этих объектов выполняется по методу массовой геологической фотодокументации в масштабе 1:25 (реже 1:50) с обязательным соблюдением требований по подготовке выработки к фотосъемке. Перед фотосъемкой необходимо расставить марки с номерами единичных проб, а при секционном опробовании указать границы отдельных секций.

При фотодокументации, сопровождающей опробование открытых выработок, особое внимание следует обратить на своевременность их выполнения, т.е. непосредственно вслед за проходкой выработок. Это обусловлено нередко климатическими и горно-техническими условиями месторождения, а также способами проходки выработок, для которых характерно быстрое обрушение или обводнение коренных пород, оплыивание рыхлых перекрывающих отложений и т.д. В этом случае фотодокументы

становятся единственным доказательством качества отбора проб и достоверным источником информации о геологическом строении вскрытого участка.

8.2. ФОТОДОКУМЕНТАЦИИ ПРИ ОПРОБОВАНИИ ПОДЗЕМНЫХ РАЗВЕДОЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

Общие условия проведения фотогеологической документации подземных разведочных выработок в интервалах опробования предусматривают: подготовительные работы по очистке (обмывке) стенок и забоя выработки от грязи и пыли; визуальные геологические наблюдения и описание в журнале документации трудно дешифрируемых объектов; выбор и разметку мест отбора проб (секций); отбор проб; расстановку марок с номе-рами проб; фотосъемку объекта в масштабе 1:25.

Для более четкого отображения на фотоснимках мест отбора бороздовых или задирковых проб контуры их на поверхности выработки рекомендуется очерчивать мелом. Линии бороздового опробования и границы отдельных секций целесообразно отмечать при помощи рулетки или шнура, снабженных масштабными метками.

Особое внимание необходимо уделять фотогеологической документации выработок, проходка которых производится в сложной горно-технической и гидрогеологической обстановке при пересечении массивов горных пород, сильно ослабленных тектоникой или гидротермальными изменениями, трещинными водами и т.д. В таких условиях требуется скорейшее проведение опробования и фотосъемки, предвидя необходимость нередко сплошного крепления выработок. Следует учитывать также особенности фотодокументации выработок, проходка которых осуществляется в многолетнемерзлых породах. В этом случае отставание документации и опробования от проходки выработок недопустимы из-за происходящего оледенения поверхности горных пород, которое резко снижает возможность визуальных наблюдений, а следовательно, выбор мест отбора проб и геологическую информативность фотодокументов.

Приемы фотосъемки, выбор фотоаппаратуры и фотоматериалов для документации при геологическом опробовании подземных выработок остаются такими же, как и при обычной массовой фотогеологической документации.

Фотодокументы помещают в чистовые журналы геологической документации, дешифруют и дополняют данными химико-спектральных и приборных анализов. На основе такой объективной геологической информации с большой степенью надежности получают качественную и количественную характеристики рудных тел, уточняют их морфологию, определяют границы промышленных руд, выявляют важные черты их внутреннего строения, а также выбирают участки контрольного (заверочного) и технологического опробования. В дальнейшем при подсчете запасов полезных ископаемых фотодокументы помогут оценить однородность состава и строения отдельных подсчетных блоков.

8.3. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ОПРОБОВАНИИ КЕРНА РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Фотогеологическая документация керна осуществляется непосредственно перед отбором проб в совокупности с визуальным наблюдениями и подробным описанием минерального состава руд и измененных пород. Фотодокументы позволяют осуществлять подробное изучение горных пород с выделением отдельных слоев, даек и других геологических образований, характеризующихся отчетливыми макроскопическими признаками.

В масштабе массовой документации (1:5, 1:10) фотоснимки фиксируют пересечения скважиной рудных тел, имеющих четкие геологические границы с вмещающими породами. Фотоснимки детальной документации в масштабе 1:1 отражают несложный минеральный состав руд, форму выделения рудных и жильных минеральных агрегатов, их взаимоотношения и количественное соотношение. На фотодокументах возможно различать некоторые типы окорудных изменений и степень их проявления. По состоянию кернового материала, отображенном на фотоснимках, можно косвенно судить об интенсивности и характере различных тектонических проявлений.

Наряду с геологической информацией фотодокументы по керну скважин могут быть использованы для оценки качества проводимого опробования, поскольку объективно фиксируют:

- диаметр керна по всему разрезу скважины;
- интервал опробования;
- линейный выход керна по каждому рейсу проходки;
- состояние кернового материала (его сохранность, плитчатость, кусковатость, наличие шлама и др.).

Фотодокументация керна при опробовании колонковых скважин предусматривает следующее:

а) керн должен быть хорошо обмыт и правильно уложен в стандартные ящики с учетом имеющихся инструментально ориентированных образцов или устойчивых структурных и текстурных элементов;

б) на перегородках ящика при помощи наборного алфавита производится необходимая маркировка — указываются номер скважины, начало и конец интервала керна, уложенного в ящик, границы рейсов проходки, границы отдельных проб (секций), а по возможности — номера проб.

Фотосъемка, геологические наблюдения и опробование, как правило выполняются непосредственно около буровой скважины. Отдешифрованные геологами фотодокументы помещают в чистовые журналы, где содержится описание объектов наблюдений, и с наибольшей подробностью тех, которые не получают четкого отображения на снимках, например, полиминеральный состав тонкозернистой массивной руды, тонкая сульфидная вкрапленность, окорудные изменения и др.

8.4. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ОТБОРЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБ

Сравнение геологической обстановки по массовым фотодокументам в значительной мере обеспечивает надежность оценки качественных показателей и нередко вещественного состава руд на различных участках мес-

торождения, а, следовательно, более обоснованный выбор мест отбора технологических проб.

На разных стадиях геологоразведочных работ, в зависимости от вида отбираемых технологических проб, различны приемы и объекты фотогеологической документации.

Отбор частных технологических проб производится, в основном, из полотна открытых разведочных выработок. Фотогеологическая документация мест отбора этого типа проб практически нецелесообразна вследствие трудоемкости подготовительных работ, так как вскрываемые горные породы, обычно трещиноватые, рыхлые, нередко сыпучие.

При опробовании горными выработками рудных тел, представленных крепкими породами, рекомендуется выполнять фотосъемку наиболее характерных штуфов руды. Техника и методика фотосъемки в этом случае аналогичны применяемым при выборочном геологическом опробовании. Отличительным признаком на фотодокументах должна служить специальная маркировка штуфа с указанием номера технологической пробы.

Малые технологические пробы целесообразно характеризовать фотодокументами, фиксирующими геологическую обстановку в плоскостях сечения выработки до и после отбора пробы.

Методика фотодокументации мест отбора малых технологических проб принципиально не отличается от методики обычной геологической фотодокументации подземных разведочных выработок. Она сочетает в себе приемы массовой и детальной фотосъемки. Массовой фотосъемке подлежат стенки выработок по всей высоте, чтобы на фотодокументах в масштабе 1:50, 1:25 фиксировалась выемка рудного тела на полную его мощность. Фотодокументы должны содержать информацию о морфологии рудных тел в плоскости сечения и по направлению простириания или падения, о характере контактов с вмещающими породами, взаимоотношениях с тектоническими нарушениями и т.д. Внутреннее строение рудных тел следует характеризовать детальными фотоснимками масштаба 1:5, 1:2, 1:1, отражающими визуально различные структурно-текстурные особенности природных типов руд.

Малые технологические пробы в ряде случаев составляются из керна нескольких колонковых скважин. Если скважины пробурены специально для отбора технологических проб, то фотосъемку керна следует выполнять так же, как при массовой геологической документации и систематическом опробовании. Эти документы в масштабе 1:5 должны подтверждать, что выход керна составляет не менее 70% и вещественный состав руды однороден. Когда пробы составляются из керна разведочных скважин, оставшегося после отбора рядовых проб, то помимо использования ранее полученных фотоснимков геологической документации, целесообразно выполнять дополнительную фотосъемку представительных образцов керна, характеризующих данный тип руды по всему пересечению вскрытого рудного тела.

На стадии детальной разведки фотогеологическая документация должна отражать правильность выбора участков отбора проб, представляющих средние показатели руд по основным характеристикам. В зависимости от конкретных условий отбора больших технологических проб (мощ-

ности рудного тела, способов разведки и вскрытия месторождения и необходимой массы пробы) фотодокументации подлежат различные объекты:

- забои прослеживающих выработок (при небольшой мощности рудных тел);
- врезы (ниши) в стенках секущих выработок (рудные тела значительной мощности);
- стены, кровля и забои рассечек, ортов, специально пройденных для получения большеобъемных полупромышленных проб (при мощных рудных телах);
- забои и ленты очистных камер (при отборе технологических опытно-промышленных проб массой около 200 т.).

Во всех этих случаях фотосъемка выполняется по принципу массовой документации, предусматривающей получение фотосхем масштаба 1:25, реже 1:50. Фотосъемку выработок в местах отбора проб следует выполнять после контрольного геологического опробования забоев штреков, квершлагов, очистных выработок, т.е. до и после отбора основной массы проб. Геологическая документация мест отбора технологических проб включает подробное визуальное наблюдение за минеральным составом руд, их строением, условиями залегания. При сложном строении рудных тел необходимо проводить дополнительную детальную фотодокументацию выработок в масштабе 1:10, 1:5.

В паспорта больших технологических проб следует включать документы массовой и детальной фотосъемок. Для рудных тел простого строения, выдержанной мощности и сравнительно однородного минерального состава в паспорта могут быть помещены фотосхемы масштаба 1:25 (1:50) по передней и задней стенкам (забоям) выемочного пространства и 2-4 фотографии, отражающих геологическое опробование в интервалах отбора технологических проб. Если рудные тела имеют сложное строение и неравномерное распределение полезных компонентов, то паспорта технологических проб должны включать фотодокументы по всем сечениям рудного тела, полученным в процессе проходки специальных разведочных и очистных выработок, и соответственно, полные развертки по восстающим и квершлажным выработкам. Количество фотодокументов детальной фотосъемки также должно быть увеличено до 4-8 с целью представления всех разновидностей руды, характеризующих материал данной пробы.

8.5. ФОТОДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОМ ЗАВЕРОЧНОМ ОПРОБОВАНИИ

Проведение заверочного опробования требует широкого применения фотогеологического метода документации, который позволяет получать фотоизображение геологической обстановки в конкретных условиях отбора различных видов проб (рядовых и контрольных) с необходимой степенью детальности.

Назначение фотометода при экспериментальных работах состоит также в возможности анализа разнообразной технической информации, например, отражающей влияние физико-механических свойств горных пород на технологию отбора проб. На основе полученных данных стремятся выявить возможную корреляционную связь между геологическими и тех-

нологическими факторами и содержанием золота, установленном в результате опробования. Одновременно фотодокументы позволяют оценивать, насколько применяемый (или рекомендуемый) способ отбора проб, их ориентировка, сечение, длина секций соответствуют морфологии, мощности, особенностям строения и условиям залегания рудных тел.

Поэтому наряду с использованием fotosхем массовой геологической документации, где указаны места отбора рядовых проб, целесообразно проводить специальные фотосъемочные работы большой детальности. Их сосредотачивают на участках заверочного опробования для получения фотодокументов в масштабе 1:20, 1:10, 1:5, 1:1. Для объемного восприятия изображения выемочного пространства, образовавшегося в результате отбора проб, полезно осуществлять стереосъемку. Крупномасштабные стереопары дают более подробное представление об особенностях геологического строения в пределах контура отдельных проб. Сочетание документов массовой и детальной фотосъемки и стереосъемки помогает выявлять и обосновывать целесообразность и представительность той или иной системы геологического опробования с учетом особенностей строения рудных тел.

При оценке применявшегося или выборе более рационального способа опробования, обеспечивающего надежность проб, необходимо внимательное изучение геологических особенностей строения и морфологии рудных тел. Например, на месторождениях, рудные тела которых представлены прожилково-вкрапленными зонами и штокверками и характеризуются обычно отсутствием четких геологических границ, следует тщательно документировать: участки горных пород, насыщенные жильным кварцем; мощность и количество кварцевых и сульфидных прожилков в интервале опробования; системы ориентировки прожилков кварца по отношению к линейной пробе; характер концентрации сульфидов; текстурно-структурные особенности руд и т.д. На жильном типе месторождений особое внимание должно уделяться: наличию или отсутствию сульфидов в кварцевых жилах, их количеству (в %), форме (гнездовая, вкрапленная, прожилковая) и размеру выделений; присутствие в кварцевых жилах включений вмещающих пород (в %); степени околоврудных изменений.

По фотогеологическим документам производят подробный анализ качества отбора проб: выявляют полноту выборки каменного материала, соблюдение сечений бороздовых или щелевых проб, характер рельефа поверхности боковых стенок и дна борозды; определяют процент линейного выхода керна по рейсам бурения; констатируют состояние керна — размер отдельных столбиков, наличие зон интенсивно трещиноватых и дробленых пород и др.

При заверке проб малого сечения большеобъемными (эталонными) пробами исходными фактическими материалами также должны служить фотодокументы первичной массовой документации и fotosнимки специальной съемки, фиксирующие места отбора заверяемых и контрольных (эталонных) проб в более крупном масштабе — 1:20, 1:10.

Возможность использования данных опробования керна скважин для качественной и количественной характеристики месторождения (при контроле скважин горными выработками) следует оценивать по фотоснимкам керна контролируемых скважин масштаба 1:5.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров Г.С., Афанасьев И.С., Кувшинников В.К. и др. Современные методы хранения керна в организациях Мингео СССР (обзор) М.: ВИЭМС, 1986. 51 с.
2. Альбов М.Н., Быбочкин А.М. Рудничная геология. М.: Недра. 1973. 432 с.
3. Альбов М.Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М.: Недра. 1975. 231 с.
4. Батрак В.И., Иванов В.Н., Катанский М.Ю. Вопросы контроля разведочного опробования на рудных месторождениях. // Тр. ЦНИГРИ. 1977. Вып.130. 73-81 с.
5. Богатырев А.С., Ключанский Г.Г. Опробование и промышленная оценка запасов элементов-примесей в рудах цветных металлов. М.: Недра. 1984. 207 с.
6. Воларович А.Г. Методика геологической фотодокументации золоторудных месторождений. М.: ЦНИГРИ, 1987. 170 с.
7. Денисов С.А., Королев В.А., Смелянцев В.И. Оптимизация методов разведки с использованием математической характеристики изменчивости оруденения. Ташкент: Фан. 1982. 94 с.
8. Зеленов В.И. Вопросы технологической типизации и исследования руд при разведке золоторудных месторождений // Тр. ЦНИГРИ. 1972. Вып.102. 69-75 с.
9. Зеленов В.И. Методика исследования золотосодержащих руд. М.: Недра. 1973. 302 с.
10. Инструкция по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям. М.: ГКЗ СССР. 1983. 45 с.
11. Инструкция по отбору, документации, обработке, хранению, сокращению и ликвидации керна скважин колонкового бурения. М.: Мингео СССР. 1973. 24 с.
12. Кадыров Г.Ф. О представительности проб малых весов // Изв. вузов. Геология и разведка. 1970. №9. 13-18 с.
13. Каждан А.Б. Методологические основы разведки полезных ископаемых. М.: Недра. 1974. 272 с.
14. Каждан А.Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра. 1977. 382 с.
15. Каждан А.Б., Соловьев Н.Н. Поиски и разведка месторождений редких и радиоактивных металлов. М.: Недра. 1982. 280 с.
16. Коган И.Д. Подсчет запасов и геолого-промышленная оценка рудных месторождений. М.: Недра. 1971. 295 с.
17. Коц Г.А., Чернопятов С.Ф. Малообъемное технологическое опробование и картирование рудных месторождений при разведке. М.: ВИМС. 1983. 56 с.
18. Коц Г.А., Чернопятов С.Ф., Шманенков И.В. Технологическое опробование и картирование месторождений. М.: Недра. 1980. 288 с.
19. Кувшинов В.П., Лобач В.И. Геологические наблюдения — основа оценки результатов опробования // Разведка и охрана недр. 1986. №11. 17-21 с.
20. Кувшинов В.П., Лобач В.И., Беневольский Б.И. О понятиях, определяющих теоретические основы геологического опробования // Сов. геология. 1986. №10. 44-49 с.
21. Лёля А.Д., Панкратов В.В. Щелевой механизированный способ отбора проб из горных выработок // Разведка и охрана недр. 1972. №9. 35-41 с.

22. Л ё л я А.Д., П а н к р а т о в В.В. Щелевой способ и пробоотборники конструкции ЦНИГРИ для отбора проб в горных выработках // Тр. ЦНИГРИ. 1973. Вып.106. 166-169 с.
23. М а м и н а А.В. Методы и технические средства для подготовки геологических проб к исследованиям. М.: ВИЭМС. 1986. 50 с.
24. М е т о д и ч е с к и е указания по разведке и геолого-промышленной оценке месторождений золота. М.: ЦНИГРИ. 1974. 175 с.
25. М е т о д и ч е с к и е указания по фотогеологической документации подземных разведочных выработок рудных месторождений. М.: ЦНИГРИ. 1978. 44 с.
26. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по фотогеологической документации керна колонковых скважин при разведке рудных месторождений. М.: ЦНИГРИ. 1978. 15 с.
27. М е т о д и ч е с к о е руководство по щелевому механизированному способу опробования в горных выработках на примере коренных месторождений благородных, редких и цветных металлов. М.: ВИЭМС. 1980. 42 с.
28. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по обработке геологических проб золоторудных месторождений. М.: ЦНИГРИ. 1981. 16 с.
29. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по обработке геологических проб с использованием агрегата АП. Л.: ВИТР. 1981. 22 с.
30. М е т о д и ч е с к и е геологического контроля аналитической работы М.: ВИМС. 1982. 25 с.
31. М е т о д и ч е с к и е указания по выбору технических средств и технологии бурения скважин на золоторудных месторождениях. М.: ЦНИГРИ. 1984. 40 с.
32. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по проведению технологического опробования на золоторудных месторождениях при геологоразведочных работах. М.: ЦНИГРИ. 1985. 36 с.
33. М е т о д и ч е с к и е рекомендации по определению объемной массы руды при разведке золоторудных месторождений. М.: ЦНИГРИ. 1985. 18 с.
34. М я г к о в В.Ф., Б ъ ю ч к и н А.М., Б у г а е в И.Н. и др. Рудничная геология. М.: Недра. 1986. 199 с.
35. П е т р о в В.А. О методике вычисления плотности руд при определении ее способом выемки целиков // Сов. геология. 1977. №12. 123-127 с.
36. П о г р е б и ц к и й Е.О., П а р а д е е в С.В., П о р о т о в Г.С. и др. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М.: Недра. 1977. 405 с.
37. С м и р н о в Н.В., Д у н и н - Б а р к о в с к и й И.В. Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений. М.: Недра. 1965. 511 с.
38. С п р а в о ч н и к по маркшейдерному делу. М.: Недра. 1973. 487 с.
39. С п о с о б ы и технические средства опробования подземных горных выработок (обзор). М.: ВИЭМС. 1984. 51 с.
40. Т е р м и н о л о г и ч е с к и й словарь по горно-разведочным работам и оборудованию. М.: СЭВ. 1980. 545 с.
41. Т е х н о л о г и ч е с к о е опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки (временное методическое руководство). М.: ВИМС. 1982. 19 с.
42. Т р е б о в а н и я к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов. М.: ГКЗ. 1982. 21 с.
43. Ф и з и ч е с к и е свойства горных пород и полезных ископаемых (петрофизика) // Справочник геофизика. М.: Недра. 1976. 487 с.
44. Ч е т в е р и к о в Л.И. Методологические основы опробования пород и руд. Воронеж: Изд-во ВГУ. 1980. 123 с.
45. Ч е т в е р и к о в Л.И. Теоретические основы разведки недр. М.: Недра, 1984. 160 с.
46. Ш т о р м Р. Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. М.: Мир. 1970. 368 с.

О ГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Геологическое опробование	6
1.1. Основные задачи и теоретические основы геологического опробования	6
1.2. Основные виды проб и способы их отбора	11
1.3. Методика отбора проб в горных выработках	14
1.4. Методика отбора проб из разведочных скважин	16
1.4.1. Технические средства для отбора керна	19
1.4.2. Отбор шламовых и керно-шламовых проб	20
1.5. Факторы, определяющие пространственное положение и ориентировку проб, способ их отбора и главнейшие параметры	22
1.6. Группировка золоторудных месторождений применительно к задачам опробования	27
1.6.1. Месторождения с рудными телами, имеющими четкие геологические границы	28
1.6.2. Месторождения с рудными телами без четких геологических границ	36
Глава 2. Механизация отбора геологических проб	43
2.1. Технические средства отбора бороздовых проб	43
2.2. Характеристика средств отбора щелевых проб	45
2.2.1. Пробоотборник пневматический ИП 6401	45
2.2.2. Рубильный молоток пневматический ИП 4119	47
2.3. Методика и технология отбора щелевых проб	48
2.4. Технические средства отбора проб из керна	54
2.4.1. Установка кернорезная УКП-1	55
Глава 3. Обработка геологических проб	57
3.1. Основные принципы и методика обработки проб	57
3.2. Технические средства обработки проб	63
Глава 4. Контроль геологического опробования	65
4.1. Основные задачи контроля	65
4.2. Контроль отбора проб	67
4.3. Контроль обработки проб	68
4.4. Контроль качества анализов геологических проб	70
4.5. Методика проведения экспериментальных контрольных (заверочных) работ	79
4.5.1. В горных выработках	79
4.5.2. По буровым скважинам	85
4.5.3. Геологические наблюдения при контрольных работах	91
4.5.4. Обработка контрольных хвальных проб при экспериментальных работах	96
4.6. Методика обработки результатов заверочных работ	101

Глава 5. Опробование на попутные компоненты	105
5.1. Основные группы попутных компонентов	105
5.2. Методика и основные задачи опробования на попутные компоненты	106
Глава 6. Специальное опробование	114
6.1. Основные принципы определения объемной массы руды	115
6.2. Способы определения объемной массы руды	116
6.2.1. Выбор определения объемной массы	116
6.2.2. Лабораторный способ	117
6.2.3. Ядерно-физический способ	119
6.2.4. Валовый способ	120
6.3. Введение поправок в величину объемной массы руды на ее естественную влажность	124
Глава 7. Технологическое опробование	126
7.1. Назначение технологического опробования, виды технологических проб и требования, предъявляемые к ним	126
7.2. Задачи технологических исследований на различных стадиях геологоразведочных работ	129
7.2.1. Поисково-оценочные работы	129
7.2.2. Предварительная разведка	130
7.2.3. Детальная разведка	132
7.3. Методика отбора технологических проб	133
7.3.1. Отбор лабораторных проб	135
7.3.2. Отбор крупнообъемных проб	136
7.4. Предварительная подготовка технологических проб к исследованиям	141
7.5. Транспортировка технологических проб	143
7.6. Документы, характеризующие технологические пробы	144
Глава 8. Применение фотогеологической документации при опробовании разведочных выработок	150
8.1. Фотодокументация при опробовании обнажений и открытых разведочных выработок	151
8.2. Фотодокументация при опробовании подземных разведочных горных выработок	152
8.3. Фотодокументация при опробовании керна разведочных скважин	153
8.4. Фотодокументация при отборе технологических проб	153
8.5. Фотодокументация при экспериментальном заверочном опробовании	155
Литература	157

Опробование руд коренных месторождений золота

Ведущий редактор: *Л.В.Карапускина*
 Художник обложки: *В.В.Евдокимов*
 Художественный редактор: *Т.Т.Самойлова*
 Технический редактор: *Л.А.Коровина*

ЛР № 040431 от 9.04.92

Подписано к печати 15.01.92. Формат 60 x 90/16.
 Бумага типографская № 1. Печать офсетная.
 Усл. печ. л. 10,0. Усл. кр. отт. 10,25. Уч. изд. л. 12,2.
 Тираж 1000 Тип. зак. 2688 Цепа договорная.