

МИНИСТЕРСТВО ГЕОЛОГИИ СССР

Центральный научно-исследовательский геологоразведочный институт цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ)

МЕТОДИКА РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Под редакцией Г.П. ВОЛАРОВА и В.И. ИВАНОВА



МОСКВА „НЕДРА” 1986

Методика разведки золоторудных месторождений/М-во геологии СССР, Центр. науч.-исслед. геологоразведочный ин-т цветных и благородных металлов. Под ред. Г. П. Воляровича и В. Н. Иванова. М.: Недра, 1986. — 382 с., ил.

В результате обобщения опыта работ на золоторудных месторождениях дана рациональная методика их разведки и исследований на различных стадиях. Предложена группировка геолого-промышленных и морфологических типов коренных месторождений. Особое внимание уделено выбору систем разведки и плотности разведочной сети. Рассмотрены все виды опробования и изложены основные принципы подсчета запасов.

Для специалистов, занимающихся поисками и разведкой месторождений золота.

Табл. 24, ил. 76, список лит.— 48 назв.

Книга подготовлена:

В. Н. Ивановым, В. П. Кувшиновым, В. И. Батраком, В. И. Лобачем, М. Ю. Катанским, Б. В. Рогачевым, В. В. Стефановичем, А. Г. Воляровичем, Н. П. Варгуниной, А. П. Селезевым, Б. И. Беневольским при участии В. И. Сладкова и Г. В. Сидельниковой

Выпущено по заказу Центрального научно-исследовательского геологоразведочного института цветных и благородных металлов.

Выпущенное в 1956 г. руководство по методам разведки и подсчету запасов золоторудных месторождений оказало существенное влияние на повышение эффективности разведочных работ, но за истекший период оно значительно устарело. В последние десятилетия получен большой объем новой информации. Ведущими стали месторождения с бедными по содержанию рудами типа мощных минерализованных зон с прожилково-вкрапленным оруденением и штокверков.

Повысилась эффективность бурения, созданы новые способы, позволяющие значительно расширить возможности и области применения бурения при разведке золоторудных месторождений. Широкое внедрение получили скважинные и шахтные геофизические методы, позволяющие вести поиски, прослеживание и оконтуривание рудных тел. Значительные изменения произошли и в области опробования. Созданы механические пробоотборники, в большом объеме проведены работы по заверке надежности опробования различными способами. В ЦНИГРИ и других организациях Мингео СССР выполнен значительный объем работ по созданию рациональной методики разведки и опробования золоторудных месторождений.

Все это потребовало обобщения накопившегося материала, и в 1970 г. вышли в свет «Методические указания по разведке и геолого-промышленной оценке месторождений золота», где в краткой форме рассмотрены основные вопросы методики разведки коренных и россыпных месторождений золота. В 1974 г. появилось второе дополненное издание методических указаний [23], в котором были учтены многие замечания и предложения, поступившие от различных организаций Мингео СССР и Минцветмета СССР. Данная работа сыграла положительную роль в практике разведки и подсчета запасов месторождений золота, однако небольшой объем ее не позволил детально рассмотреть многие вопросы методики разведки золоторудных месторождений, которые могли бы существенно помочь геологам в практической работе.

В связи с этим перед ЦНИГРИ была поставлена задача разработать такое методическое руководство, в котором были бы более полно освещены основные вопросы методики разведки.

В основу работы положены имеющиеся методические указания, результаты исследований, выполненные в ЦНИГРИ за последние 20—25 лет по вопросам геологического изучения золоторудных месторождений, методики их разведки, опробования, геолого-экономической оценки, использования геофизических и геохимических методов при разведке, многочисленные литературные данные, материалы других организаций Мингео СССР и Минцветмета СССР по вопросам методики разведки коренных месторождений

золота и практика рассмотрения отчетов с подсчетом запасов в ГКЗ СССР.

В настоящей работе освещаются только стадии предварительной и детальной разведки месторождений, хотя в ряде случаев затрагиваются и вопросы стадии поисково-оценочных работ. Доразведка месторождений не рассматривается, так как на неосвоенных промышленностью месторождениях она практически не отличается от детальной разведки. Доразведка разрабатываемых месторождений не анализируется, поскольку она тесно связана с разработкой месторождений промышленными предприятиями. Однако методы доразведки эксплуатируемых месторождений по существу не отличаются от методов разведки новых месторождений, и к этой стадии полностью применимы рекомендации, данные в книге. Эксплуатационная разведка, проводимая организациями Минцветмета СССР, осуществляется по методике и нормативам, разработанным этим министерством.

В соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [12] золоторудные месторождения относятся к 2, 3 и 4-ой группам (коренные месторождения 1-ой группы в СССР не известны).

2-ая группа объединяет «месторождения (участки) сложного геологического строения, характеризующиеся изменчивыми мощностью и внутренним строением тел полезного ископаемого либо нарушенным их залеганием, невыдержанным качеством полезного ископаемого или неравномерным распределением основных ценных компонентов». Запасы месторождений этой группы разведываются в основном по категории C_1 и частично В, причем при промышленном освоении месторождений запасы категорий В не должны превышать 20 % от суммы запасов категорий В+ C_1 .

К 3-ей группе отнесены «месторождения (участки) сложного геологического строения, характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутренним строением либо интенсивно нарушенным залеганием тел полезного ископаемого или невыдержанным качеством полезного ископаемого и весьма неравномерным распределением основных ценных компонентов». Промышленное освоение их ведется на запасах категории C_1 и частично категории C_2 (20 % от суммы C_1+C_2).

К 4-ой группе отнесены «месторождения (участки) весьма сложного геологического строения, характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения либо интенсивно нарушенным залеганием тел полезного ископаемого, а также невыдержанным качеством и весьма неравномерным распределением основных компонентов, разведка которых требует проведения подземных горных выработок в больших объемах». Запасы месторождений этой группы разведываются по категориям C_1 (50 %) и C_2 (50 %). Дальнейшая разведка этих месторождений совмещается с их вскрытием и подготовкой к эксплуатации.

Запасы категории C_2 на месторождениях 2-ой и 3-ей групп утверждаются в количестве, полученном в результате разведки. При этом ГКЗ СССР (или ТКЗ) устанавливает возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании предприятия. Также при утверждении запасов в ГКЗ СССР (ТКЗ) по вновь разведываемым месторождениям устанавливается возможность их промышленного освоения при соотношениях балансовых запасов различных категорий, меньших против указанного.

Согласно «Инструкции по применению классификации запасов к коренным месторождениям золота» [14] к этим группам относятся месторождения следующих морфологических типов.

2-ая группа — сложные по строению крупные минерализованные и жильные зоны (протяженностью более 1 км, мощностью 5—10 метров и более); штокверки (площадью более 1 км²); значительные по размерам залежи (1—3 км по простиранию, первые сотни метров по падению) устойчивой мощности (от первых метров и более); протяженные (более 1 км) жилы значительной (до 4 м) мощности. Распределение рудной минерализации неравномерное.

3-я группа — очень сложные по строению средние (протяженностью от сотен до тысячи метров) и крупные минерализованные и жильные зоны; залежи (первые сотни метров по простиранию и падению, мощностью 1—2 м); штокверки (площадью менее 1 км²); жилы мощностью от нескольких сантиметров до 3 м сложного строения. Распределение оруденения весьма неравномерное, нередко прерывистое.

4-ая группа — весьма сложные по строению мелкие по размерам (протяженностью первые десятки метров) единичные или сближенные жилы (мощностью до 0,4 м); линзы; небольшие (протяженностью до 100 метров) жилы, линзы, минерализованные или жильные зоны; залежи различной формы с резкой изменчивой мощностью или интенсивно нарушенным залеганием, с чрезвычайно сложным, прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений.

Данная группировка месторождений по сложности строения учтена в настоящей работе. Принадлежность месторождения к той или иной группе устанавливается исходя из степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70 % общих запасов месторождения.

При планировании геологоразведочных работ по результатам геологического изучения и разведочных работ на месторождении инструкцией предусмотрен учет прогнозных ресурсов. Для разведываемых месторождений количественно оцениваются прогнозные ресурсы категории P_1 , которые учитывают возможность прироста запасов за счет расширения площадей распространения тел полезного ископаемого за контуры подсчета запасов по категории C_2 или дополнительного выявления новых тел полезного ископаемого в

пределах месторождения или рудного поля.

Основная задача каждой стадии разведки — оценка промышленного значения месторождения, степень обоснованности которой зависит от объемов и методов работ.

В стадию предварительной разведки определяются общие масштабы месторождения и подсчитываются запасы по категории C_2 , частично C_1 и прогнозные ресурсы категории P_1 . Эта стадия наиболее ответственная, поскольку именно на ней решается вопрос о возможном промышленном значении месторождения и масштабах будущего предприятия.

Главные задачи стадии детальной разведки — уточнение промышленной оценки месторождения и разведка запасов промышленных категорий (B , C_1 и C_2) на участках первоочередной отработки, обеспечивающих возможность строительства, работу нового или расширение существующего золотодобывающего предприятия.

Данная работа должна оказать методическую помощь в выборе рациональной методики разведки организациям Мингео СССР, Минцветмета СССР и других ведомств, содействовать получению более достоверных запасов и общему повышению эффективности геологоразведочных работ.

Глава I

ОСНОВНЫЕ ГЕОЛОГО-ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ И ИХ ПРОМЫШЛЕННОЕ ЗНАЧЕНИЕ

Эндогенные месторождения золота, имеющие промышленное значение, относятся в основном к гидротермальным и характеризуются большим разнообразием морфологических типов рудных тел и минерального состава руд. В зависимости от глубины формирования золоторудные месторождения делятся на три группы: 1) близповерхностные — глубина образования до 1,5 км; связаны главным образом с процессами активного вулканизма и внедрением интрузий субвулканических фаций; 2) среднеглубинные — глубина формирования от 1 до 4 км; связаны с гипабиссальными, гиповулканическими фациями интрузий; 3) глубинные — глубина образования более 5 км; связаны с абиссальными интрузиями.

По минеральному составу руд выделяются четыре основные формации.

1. Золото-кварцевая с содержанием сульфидов, не превышающим 5 %, и главным образом свободным золотом, развитая в условиях древних щитов и миогеосинклиналей. Гидротермально-метасоматические изменения на месторождениях этой формации представлены хлоритизацией, окварцеванием, редко карбонатизацией, серицитизацией и турмалинизацией и обычно относительно слабо выражены.

2. Золото-кварц-сульфидная с содержанием сульфидов от 5 до 25 % со свободным и связанным дисперсным золотом. Месторождения данной формации распространены в эвгеосинклинальных складчатых поясах, а также в областях тектоно-магматической активизации завершенной складчатости платформ, реже на щитах и в миогеосинклинальных областях. Широко проявлены такие гидротермальные изменения вмещающих пород, как березитизация, лиственитизация, а в ряде случаев — альбитизация и турмалинизация. Главные минеральные типы руд: пирит-арсенопиритовый, пирит-халькопирит-сфалерит-галенитовый, пирит-халькопирит-сфалерит-галенитовый с висмутом, буланжеритом, тетраэдритом, фрейбергитом и другими сульфидами и сульфосолями.

3. Золото-сульфидная с содержанием кварца, барита и карбоната до 15 % и с переменным количеством пирита, сфалерита, галенита и халькопирита. Золото находится в свободном и в связанном дисперсном состоянии. Месторождения этой формации распространены в эвгеосинклиналиях и возникают на орогенном этапе развития складчатых областей.

4. Золото-халцедон-кварцевая с относительно высоким содержанием серебра и других его рудных минералов — сульфидов,

сульфосолей, теллуридов (от 1 до 30 %). Золото, характеризующееся обычно высокой серебристостью, находится в свободном и дисперсном состоянии. Из жильных минералов, кроме халцедоно-видного кварца, обычны адуляр, родонит, родохрозит. Месторождения типичны для вулканических поясов. Локализуются они вблизи некков и центров извержений, встречаются и в зонах активизации областей завершённой складчатости и платформ. Характерные гидротермальные изменения — окварцевание (вторичные кварциты), пропилитизация и гидрослюдизация.

Выделены также золото-скарновая, золото-карбонатная, золото-баритовая, золото-серпентинитовая и другие золоторудные формации, но они имеют подчиненное значение, хотя в отдельных случаях и образуют промышленные месторождения золота.

Главную роль в условиях рудообразования играют геотектонические структуры, в пределах которых развивается золотая минерализация. Они определяют состав и форму развития рудогенерирующих магматических формаций, режим отложения, закономерности размещения месторождений, размеры и особенности рудных полей.

Различают следующие основные типы геотектонических структур, в пределах которых образуются золоторудные месторождения [38].

1. Древние платформы. Месторождения локализуются в узких грабен-синклиналях и трогах на щитах, в пределах синеклиз, в верхних структурных этажах щитов, в платформенных чехлах, на участках сочленения антеклиз и синеклиз, в зонах сопряжения со складчатыми поясами. Месторождения связаны с гранитоидным магматизмом и представлены золото-кварцевой и золото-кварц-сульфидной формациями, образованными в условиях больших и средних глубин.

2. Складчатые пояса, сформировавшиеся за счет мио- и эвгеосинклиналей различного типа развития. Месторождения в этих поясах представлены тремя первыми формациями, но наибольшее значение имеют золото-кварцевая и золото-кварц-сульфидная. Образовались они в основном в условиях средних глубин и связаны главным образом с магматизмом сиалического и реже сиалически-фемического профиля.

3. Зоны активизации областей завершённой складчатости и платформенных областей. Золоторудные месторождения связаны (парагенетически) с формациями малых интрузий различного состава и генезиса. В этих условиях образуются среднеглубинные месторождения золото-кварц-сульфидной, реже золото-сульфидной формаций, а также близповерхностные месторождения золото-халцедоново-кварцевой.

4. Вулканические пояса. Характерны месторождения золото-халцедоново-кварцевой формации, связанные в большинстве своем с андезит-дацитовым вулканизмом.

Многообразие геологических условий формирования золоторудных месторождений обусловило большое число разновидностей их

морфологических и геолого-промышленных типов. Наиболее распространены следующие морфологические типы промышленных рудных тел коренных месторождений золота: жилы и жилообразные тела; залежи; штокверки; минерализованные и жильные зоны. Реже встречаются оруденелые дайки, трубо-, гнездообразные и неправильной формы залежи.

В зависимости от характера распределения золота выделяются рудные тела с четкими и нечеткими геологическими границами. Рудные тела с четкими границами характеризуются отсутствием золота или несущественным его содержанием во вмещающих породах. Опробование и оконтуривание таких тел при подсчете запасов обязательно проводится с учетом геологических границ. Если рудные тела представляют собой в различной степени оруденелые вмещающие породы, то контур рудного тела определяется по результатам опробования в зависимости от параметров кондиций. Четкие геологические границы имеют большинство жил, а также линзовидные, жило- и трубообразные залежи. Жильные и минерализованные зоны, штокверки, как правило, не имеют естественных геологических границ.

Понятие о промышленных типах месторождений полезных ископаемых В. М. Крейтер ввел в 1940 г., и в дальнейшем он развивал его в своих работах. Учитывая трудности в разработке генетических классификаций, В. М. Крейтер предложил «считать промышленным такой тип месторождений, который дает не менее 1 % мировой добычи того или иного полезного ископаемого» [21] и положил в основу классификации следующие признаки: форму; условия залегания рудных тел; размер месторождений; качество руд. Он считал, что при таком подходе группировка будет генетической в широком геологическом смысле этого слова.

Классификация В. М. Крейтера для месторождений золота приведена в табл. 1.

Однако в настоящее время многие имеющиеся классификации и группировки не отвечают современному состоянию изученности золоторудных месторождений, так как они не охватывают все известные геологические и морфологические типы месторождений. Кроме того, к некоторым промышленным типам относятся месторождения с различными геолого-структурными и минералогическими признаками.

Ценность полезных элементов, заключенных в рудах, их набор и особенности технологической переработки руд, зависящие от содержания вредных примесей, — вот основные признаки, которые положены в основу группировки промышленных типов золоторудных и золотосодержащих месторождений, предложенной Н. И. Бородаевским, А. П. Божинским и А. И. Казариновым. Однако и эта классификация не лишена недостатков, так как практически все коренные месторождения золота, различные по морфологическим, минералогическим и другим признакам, попадают в два промышленных типа.

Таблица 1

Характеристика промышленных типов месторождений золота [25]

Промышленные типы	Содержание металла, г/т	Доля мировых запасов (числитель) и мировой добычи (знаменатель)
Пластовые тела золотоносных конгломератов среди метаморфических толщ докембрия	6—10	45/50
Золото-кварцевые жилы, жильные и рассланцованные зоны в различных породах	6—25	85/35
Жалообразные и сложные по форме месторождения теллуридов золота в молодых эффузивных породах	6—20	10/5
Штокверки с рассеянным золотым оруденением в различных породах	4—6 (1—2)	5/5
Россыпи всех типов (аллювиально-делювиальные, аллювиальные, прибрежные, золовые)	От 50 мг/м ³ до нескольких г/м ³	5/5

Из всех группировок промышленных типов золоторудных месторождений наиболее удачна группировка В. М. Крейтера ввиду того, что она базируется на представлении о месторождениях как о геологических телах, имеющих определенные форму, размер, качество руд и условия залегания. Ведущий фактор ее — форма месторождения, оказывающая решающее влияние на выбор разведочных систем, способов и средств разведки, параметров разведочной сети, систем вскрытия и разработки месторождения.

В табл. 2 приведена группировка геолого-промышленных типов коренных месторождений золота, учитывающая все известные к настоящему времени основные морфологические типы золоторудных месторождений.

Методика разведочных работ, выбор технических средств на выделенных типах месторождений зависят главным образом от размеров рудных тел, их морфологии, условий залегания и мощности рудных тел. В табл. 3 дана группировка рудных тел коренных месторождений золота применительно к задачам разведки, учитывающая эти факторы.

Самым распространенным типом золоторудных месторождений являются жильные, а среди них — месторождения золото-кварцевой формации во флишидных толщах с незначительным содержанием сульфидов. В основном это средние по масштабам месторождения с непротяженными и разобщенными маломощными рудными телами. Жилы обычно приурочены к согласным с простираанием вмещающих осадочных пород системам трещин. Руды этих месторождений по содержанию полезного компонента — богатые или очень богатые, реже средние.

Таблица 2

Геолого-промышленные типы золоторудных месторождений

Тип месторождения	Вмещающие породы					Дайки кислого и среднего состава
	Иллузиты	Буланжита	Флишиды (песчаные, алевроиды, сланцы)	Карбонатные (известняки, доломиты)	Конгломераты, граувакиты	
Жилы	От мелких до крупных; богатые, очень богатые	От мелких до крупных; от средних до очень богатых	Средние; средние, богатые, очень богатые	Средние; богатые	Мелкие; от средних до богатых	Очень крупные; очень бедные
Жильные зоны	От средних до крупных; богатые	От мелких до крупных; от средних до очень богатых	От крупных до уникальных; очень бедные, средние	От крупных до уникальных; от очень бедных до средних	Очень крупные; богатые	Очень крупные; очень бедные
Минерализованные зоны	Крупные; от очень бедных до средних	Крупные; бедные	Крупные, уникальные; очень бедные, бедные	Средние, бедные, средние		
Штокверки (жильные и тонкопрожилковые)	Крупные; от очень бедных до средних	Крупные; бедные	Крупные, уникальные; очень бедные, бедные	Средние, крупные; от бедных до богатых		
Залежи (лизовидные, пластовые, жилообразные и др.)	Крупные; от очень бедных до средних	Крупные; бедные	Крупные, уникальные; очень бедные, бедные	Средние, крупные; от бедных до богатых		
Трубы; гнездообразные и несправильной формы залежи	Крупные; от очень бедных до средних	Крупные; бедные	Крупные, уникальные; очень бедные, бедные	Средние, крупные; от бедных до богатых		

Группировка рудных тел коренных месторождений золота по условиям залегания и морфологии применительно к задачам разведки

Характеристика рудных тел		Группы месторождения по классификации ГКЗ СССР			
Падение	Форма	Мощность	2	3	4
Кругое	Линейно-вытянутая Удлиненная, линзовидная	Малая (до 3 м) Большая (3 м) Большая	Жилы, жильные зоны Жильные и минерализованные зоны, жилкообразные залежи, дайки Линзовидные залежи	Жилы, жильные зоны Жильные и минерализованные зоны, жилкообразные залежи, дайки Линзовидные залежи	Жилы, жильные зоны Жилкообразные залежи Линзовидные залежи
Пологое или горизонтальное	Линейно-вытянутая Удлиненная, линзовидная, изометричная	Малая Большая	Жилы, пластообразные и ленточные залежи Минерализованные зоны, линзовидные залежи	Жилы, пластообразные и ленточные залежи Минерализованные зоны, линзовидные залежи	Жилы Линзовидные залежи
Неопределенное	Удлиненная, изометричная, неправильная	—	Штокверки, трубообразные тела, железные шляпы	Штокверки, трубообразные тела, железные шляпы	Гнезда, гнездообразные залежи сложной формы, трубообразные тела, железные шляпы

Примечание. Размеры рудных тел неопределенного падения измеряются по длине, ширине, в вертикальном направлении или в направлении падения, но ни одна из этих величин не входит в понятие мощность рудного тела.

Жильные месторождения в интрузивных массивах относятся к золото-кварц-сульфидной и золото-кварцевой формациям. Основные сульфиды руд — пирит, арсенопирит, халькопирит; меньшее значение имеют галенит, сфалерит, блеклые руды, а также другие сульфиды и сульфосоли. Характерная особенность этих месторождений — значительные размеры жил по простиранию и падению при незначительной мощности (от первых сантиметров до первых метров). В зависимости от протяженности и общего количества жил масштабы месторождений варьируют в широких пределах — от мелких до крупных.

В последнее время большое промышленное значение приобрели жильные месторождения золото-халцедоново-кварцевой формации. Они локализируются в основном 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 простиранию при относительно небольшой протяженности по падению. Мощность рудных тел варьирует от первых десятков сантиметров до первых метров. Сложная морфология и большие мощности (до 5 м, иногда больше) некоторых рудных тел жильных близповерхностных месторождений позволяют относить их к жильным зонам и даже к залежам прожилково-вкрапленных руд. Масштабы близповерхностных месторождений варьируют от мелких до крупных, руды — от богатых до очень богатых по содержанию полезных компонентов.

Значительно меньшее значение имеют жилы, принадлежащие в основном к золото-сульфидной формации и локализирующиеся среди карбонатных пород. Из рудных минералов отмечаются пирит, галенит, халькопирит, золото; нерудных — кварц, анкерит, адуляр и др. Жилы обычно маломощные, различной протяженности по простиранию и падению. Месторождения средние по размерам с богатыми рудами.

В самостоятельный морфологический тип выделяются оруденелые дайки кислого и среднего состава. Это жилкообразные протяженные тела с четкими геологическими границами. Оруденение в дайках характеризуется системой лестничных жил кварцево-сульфидного состава, приуроченных к секущим трещинам, или тонкими кварцевыми прожилками и жилами, совпадающими с продольной трещиноватостью даек. По сути дела — это штокверковое оруденение в пределах дайки. Золото в основном концентрируется в кварцево-сульфидных жилах и прожилках, что обуславливает невысокое содержание металла в дайке.

Во многих случаях жильные месторождения золота отличаются относительно выдержанной морфологией рудных тел и неравномерным или крайне неравномерным распределением полезного компонента. Распределение золота и серебра в плоскости жил по-

сит чаще всего столбовой и бонанцевый характер (что объясняется различными причинами) с вертикальным или крутым склонением столбов. Реже фиксируются пологие или почти горизонтальные столбы. Обычно в каждой жиле наблюдается от одного до нескольких столбов (или бонанцев), разделенных пережимами или бедными по содержанию рудами. Для ряда месторождений характерно гнездовое распределение золота. Распределение золота в жилах крайне неравномерное и подавляющее большинство проб обычно имеет непромышленное содержание, и лишь небольшое количество их (до 15 %) определяет промышленную ценность руд.

Нередко жильные тела обладают и весьма сложной морфологией. Это относится к жилам значительной мощности, которые по внутреннему строению ближе к жильным зонам и относительно простым жилам, резко осложненным пострудной тектоникой.

Второй по распространенности является группа золоторудных месторождений типа жильных зон, месторождения которых встречаются во флишоподных толщах, в вулканитах и реже в интрузивах и конгломератах.

Жильные зоны обычно приурочены к крупным тектоническим трещинам и представляют собой серию сближенных жил, прожилков и уплощенных линз, разделенных вмещающими породами, не содержащими золота. Руды этих месторождений относятся к золото-кварцевой формации. Они содержат незначительное количество сульфидов, из которых основными являются пирит, арсенопирит, халькопирит, галенит и реже сульфосоли. Значительная мощность (до 15 м и более) и большая протяженность жильных зон обуславливают в основном средние и крупные по масштабам месторождения с рудами от бедных до богатых. Месторождения данного морфологического типа во флишоподных толщах нередко относятся к уникальным по запасам. Все они имеют сложную морфологию и внутреннее строение, характеризуются крайне неравномерным распределением золота, имеющим сложностолбовой или гнездовой характер.

В последнее время все большее значение приобретают месторождения типа минерализованных зон среди гидротермально измененных терригенных и вулканогенно-осадочных пород. Эти месторождения представляют собой участки тектонически ослабленных пород с многочисленными маломощными и непротяженными жилами и прожилками, промежутки между которыми прокварцованы 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 ряде случаев минерализованные зоны сложены вкрапленными рудами. Значительная мощность этих зон, а также их протяженность по простиранию и падению определяют крупный и весьма крупный (до уникальных во флишоподных) масштаб месторождений, что дает возможность рентабельной разработки их карьерами большой глу-

бины (до нескольких сотен метров). Руды по содержанию золота в основном относятся к бедным, хотя встречаются месторождения со средними по содержанию рудами. Особая морфологическая разновидность данного типа месторождений — кольцеобразные тела окварцованных и минерализованных пород по периферии небольших гипабиссальных интрузий или субвулканических аппаратов.

В целом минерализованные зоны обычно характеризуются относительно сложным внутренним строением, простой морфологией и относительно равномерным распределением золота, хотя и на этих месторождениях наблюдается слабовыраженное столбовое и гнездовое оруденение.

Штокверковые месторождения делятся на два морфологических типа, различающихся по внутреннему строению. Жильные штокверки первого типа отличаются большим количеством весьма не выдержанных по форме жил небольшой мощности (до 20 см). Часто жилы переходят в сложные гнездообразные тела. Между жилами обычно распространены тонкие прожилки и вкрапленное оруденение. Характерная особенность данных штокверков — наличие крупных, не выдержанных по мощности и сложных по морфологии жил, приуроченных к зонам разломов, секущих эти штокверки. Жилы обычно отличаются значительно более высоким содержанием золота. Локализуются штокверки первого типа главным образом в метаморфизованных песчано-сланцевых толщах или кристаллических сланцах, реже в гранитоидах.

Ко второму типу принадлежат тонкопрожилковые штокверки с относительно более равномерным оруденением. Эти месторождения локализуются в небольших интрузивных массивах или крупных дайках (чаще всего диоритового состава) среди рассланцованных и метаморфизованных вулканогенно-осадочных толщ.

Все штокверковые месторождения относятся к золото-кварцевой формации. Штокверковые месторождения имеют обычно большие размеры. В связи с этим, несмотря на очень бедные или бедные руды, по масштабам они относятся к крупным и уникальным. В ряде случаев руды штокверковых месторождений в интрузивах относятся по содержанию золота к средним.

В самых различных вмещающих породах встречаются золоторудные месторождения типа залежей разнообразной формы (линзовидные, пласто-, жиллообразные линзы и т. п.), но наиболее часто они устанавливаются в вулканогенных и вулканогенно-осадочных толщах. Залежи могут быть сложены массивными или вкрапленными рудами. Многие месторождения этой группы комплексные и относятся к медноколчеданной или полиметаллической формации. Залежи имеют различный минеральный состав. Выделяются пирит-халькопиритовые, пирит-пирротиновые, полиметаллические, магнетитовые и др., а также залежи, представленные роговиками, вторичными кварцитами, кварцево-сланцевыми, кварцево-марганцевыми и другими породами с прожилково-вкрапленным типом золоторудного оруденения.

Для первичных руд колчеданных залежей характерно очень низкое содержание золота, и только при наложении более поздних золото-полиметаллических ассоциаций они приобретают промышленное значение на золото. 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.

В последние годы выявлены месторождения кварц-магнетит-актинолитовой формации, приуроченные к приконтактовым зонам интрузивных массивов. В зонах окисления колчеданных залежей образуются железные шляпы с высокими содержаниями золота в баритовых, кварцевых и пиритовых сыпучках нижних горизонтов, которые могут иметь самостоятельное промышленное значение.

Ограниченно распространены среди промышленных месторождений золота залежи трубо-, гнездообразной и неправильных форм. 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 в них золота. Руды этих месторождений относятся к золото-баритовой, золото-скарновой, золото-сульфидно-карбонатной и золото-сульфидной формациям.

Характерные особенности данных месторождений — незначительные размеры рудных тел и очень сложная их форма, что затрудняет детальные разведочные работы и требует большого объема подземных горных работ.

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ МЕТОДИКИ РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

2.1. СТРУКТУРНЫЕ ТИПЫ РУДНЫХ ПОЛЕЙ И ОСОБЕННОСТИ ИХ ИЗУЧЕНИЯ ПРИ РАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТАХ

Разведка каждого месторождения складывается из двух совмещенных по времени, тесно увязанных между собой и дополняющих друг друга процессов — изучения месторождения и разведки отдельных рудных тел. Эти два процесса различны по содержанию и задачам, требуют разной детальности исследований и поэтому их особенности должны быть учтены в методике проведения разведочных работ.

Существенная разница между разведкой (или изучением) месторождения в целом и разведкой отдельных рудных тел заключается в том, что при определении методики разведки месторождения в целом необходимо учитывать такие факторы, как геологическая структура рудного поля, условия пространственного размещения рудных тел, их количество и размеры, топографические условия местности и т. п., а при выборе методики разведки отдельных тел — морфологический тип рудных тел, условия их залегания, размеры и изменчивость основных параметров каждого рудного тела.

К главным задачам изучения месторождения относятся: определение границ распространения оруденения по площади и на глубину (оконалирование месторождения), выяснение закономерностей локализации оруденения и связи его с геологической структурой рудного поля; выявление всех рудных тел, слагающих месторождение, и их взаимоотношений; предварительное определение размеров рудных тел, содержаний в них золота и условий его распределения с целью общей перспективной оценки месторождения.

При разведке отдельных рудных тел одновременно с решением перечисленных задач решаются и более узкие задачи, связанные с детальным изучением строения каждого рудного тела с целью получения запасов промышленных категорий (В, С₁) для обеспечения проектирования и работы будущего предприятия.

Геологические задачи разведки месторождения решаются в процессе изучения рудного поля. Надежность их решения определяет выбор направления работ, наиболее рациональных методики и технических средств разведки. Геологическая структура рудного поля (месторождения), закономерности локализации оруденения, условия залегания рудных тел и их морфология — вот характеристики, которые определяют выбор направлений разведочных работ и задачи, которые должны быть решены в процессе разведки.

В связи с этим изучение структуры рудного поля и условий локализации оруденения представляет собой важнейшую составную часть геологоразведочного процесса. Оно ведется в течение всего периода разведки и эксплуатации месторождения.

Изучение этих вопросов должно быть начато на самых ранних этапах разведки с помощью детальной геологической съемки рудного поля в масштабах 1 : 50 000—1 : 25 000 (в зависимости от размеров и сложности строения рудного поля). По мере увеличения объемов разведочных работ все с большей детальностью изучаются поверхность и более глубокие горизонты месторождения. Этому способствует объемное картирование, позволяющее расширить и уточнить данные о геологической структуре рудного поля и закономерностях локализации оруденения. В итоге задачи по определению направлений разведочных работ и перспективной оценке месторождения могут быть решены с большей эффективностью.

Систематическое геологическое изучение месторождения в целом необходимо начинать уже на стадии поисково-оценочных работ, чтобы к концу предварительной разведки сложилось достаточно четкое представление об основных закономерностях геологического строения рудного поля и месторождения, а также его перспективах. На стадии детальной разведки месторождение (или рудное поле) изучается главным образом на глубину, что дает возможность оценить перспективы глубоких горизонтов месторождения (рудного поля).

Направление разведочных работ, задачи, которые необходимо решить, и выбор комплекса методов для их решения зависят от структуры рудного поля. Структурные типы золоторудных полей выделяются в основном по признаку условий локализации оруденения. Классификация их разработана Н. И. Бородаевским.

Несколько упрощая эту классификацию, можно выделить следующие основные структурные типы рудных полей в зависимости от условий локализации оруденения: 1) оруденение приурочено к стратиграфическим элементам структуры и складчатым формам; 2) оруденение в зонах разломов, смятия и расщепления пород; 3) трещинный тип; 4) оруденение в контактовых зонах крупных интрузий; 5) оруденение приурочено к интрузиям малых размеров и дайкам; 6) оруденение связано с вулканическими аппаратами.

Не всегда рудные поля можно однозначно отнести к одному из перечисленных типов. В ряде случаев по геолого-структурным особенностям они отвечают двум или более структурным типам, что необходимо учитывать при геологоразведочных работах.

Рудные поля с оруденением, тяготеющим к стратиграфическим элементам структуры и складчатым формам, характеризуются приуроченностью оруденения к породам определенного литологического состава и возраста или к контактам толщ, отличающихся по своему составу и физико-механическим свойствам. При наличии складчатости оруденение локализуется также в различных складчатых формах (замках или крыльях в основном антиклинальных складок, куполах), зонах межпластового скольжения и т. п. Для

золоторудных полей первого типа характерно главным образом наложенное оруденение, когда рудные тела (залежи или жилы) локализируются на границах разнообразных толщ, или прожилково-вкрапленное кварцево-сульфидное оруденение образуется в пределах определенных продуктивных толщ, свит, слоев пород, в ослабленных зонах, наиболее подготовленных для этого в процессе складкообразования. В процессе разведки таких рудных полей основными вопросами изучения являются:

а) выделение и прослеживание по площади и на глубину продуктивных или потенциально продуктивных слоев, горизонтов, толщ или поверхностей раздела при детальном изучении стратиграфического разреза;

б) изучение и выделение свит и толщ с различными физико-механическими свойствами;

в) изучение условий локализации оруденения в продуктивных толщах или граничных поверхностях и выявление связи оруденения с литологическими и тектоническими факторами контроля;

г) на основе картирования маркирующих горизонтов и условий залегания пород выявление тектонической схемы рудного поля с выделением складчатых и разрывных элементов структуры.

Главная отличительная черта золоторудных полей с оруденением в зонах разломов, смятия и расщепления пород — их связь с крупными тектоническими разломами глубокого заложения, а также сопряженными с ними трещинами и мощными зонами смятия и расщепления. Самые крупные глубинные разломы обычно неблагоприятны для отложения руд, и рудные тела располагаются в параллельных тектонических трещинах или зонах смятия большой протяженности. При этом для более жестких пород характерны четко выраженные тектонические трещины, сопровождаемые большим количеством оперяющих и второстепенных параллельных трещин; а для более пластичных пород — зоны смятия и расщепления значительной мощности, в которых вмещающие породы превращены в динамометаморфические сланцы, брекчии, милониты. Степень динамометаморфизма постепенно уменьшается от центра зоны к периферии.

Зоны разрывов и расщепления часто занимают секущее положение по отношению к складчатым структурам и простираются вмещающих пород. В жестких породах оруденение локализуется в основных и оперяющих трещинах в виде жил небольшой мощности, представленных или выдержанными по простирацию и падению телами или сериями коротких жил.

В более пластичных породах рудные тела жиллообразной или линзовидной формы со сплошными или вкрапленными рудами находятся в осевых, наиболее измененных, частях зон смятия и расщепления. И тогда вдоль основных трещин наблюдаются мощные зоны прожилково-вкрапленного оруденения.

При разведке месторождения и изучении рудного поля данного структурного типа к главным задачам относятся выявление и прослеживание основных тектонических зон и оперяющих их трещин

по падению и простиранию толщ. В связи с тем что степень рудоносности зон и характер оруденения зависят и от состава вмещающих пород, необходимо определять глубину распространения толщ, благоприятных для рудоотложения. Особое внимание следует обращать на поперечные по отношению к основной зоне смятия структуры, оказывающие значительное влияние на распределение рудных и безрудных участков в зонах смятия или разлома.

Рудные поля трещинного типа характеризуются развитием многочисленных разноориентированных трещин различной длины, к которым обычно приурочены кварцевые жилы, развивающиеся внутри относительно однородной вмещающей среды: массивов изверженных пород, площадей развития песчаников, кварцитов, кристаллических сланцев. В сложном рисунке трещиноватости всегда выделяется основное, наиболее выраженное направление или основной разлом, играющие рудораспределяющую роль. Золотое оруденение практически всегда представлено многочисленными, относительно небольшими по простиранию и падению жилами незначительной мощности.

При разведке месторождения главное внимание должно быть уделено изучению и выявлению границ поля развития трещин и закономерностей их пространственного распределения. В связи с тем что трещины развиваются в пределах однородных толщ, необходимо установить границы распространения потенциально рудоносных пород по площади и на глубину.

При наличии ясно выраженного главного разлома или четкого направления трещиноватости, которые определяют распространение рудоносных трещин, система разведки должна предусматривать прослеживание этих трещин по падению и простиранию.

Рудные поля, приуроченные к контактными зонам крупных интрузий, встречаются относительно редко и бывают двух подтипов: собственно контактные месторождения, в которых золотое оруденение связано со скарнами; месторождения, локализующиеся в приконтактной зоне в результате наложения более позднего оруденения.

Месторождения первого подтипа обычно представлены небольшими скарнивыми рудными телами неправильной формы с неравномерным распределением и нередко высоким содержанием золота. Характерно значительное количество сульфидов. Скарновые месторождения, как правило, образуются на контакте гранодиоритов с карбонатными или туфогенными породами и локализуются на самом интрузивном контакте или на некотором удалении от него (в случае контакта между карбонатными и силикатными осадочно-вулканогенными породами). Наиболее благоприятны для рудоотложения крутопадающие контакты со сложной формой поверхности. При пологом залегании пород кровли условия для образования таких месторождений менее благоприятны.

Месторождения второго подтипа встречаются значительно реже и локализуются в местах сочетания глубоких зон разлома с крупными интрузивными контактами, выполняющими роль экранов.

В процессе разведки месторождений основными задачами являются: прослеживание интрузивного контакта, выявление направления его падения и различных осложнений в морфологии; картирование приконтактной зоны с выделением пород различного состава, определение условий их залегания и направления слоистости, секущих тектонических нарушений, которые могут служить каналами для проникновения рудоносных эманаций или растворов.

Рудные поля, в пределах которых рудные тела приурочены к плутонам небольших размеров и дайкам, характеризуются постоянной связью оруденения с малыми интрузивными телами и дайками различной мощности. Последние более жесткие, чем вмещающие породы, что и определяет развитие в интрузивах и дайках систем трещин под влиянием значительного бокового давления. Обычно это месторождения жильного или штокверкового типа в зависимости от того, что развито в их пределах — несколько крупных трещин или системы многочисленных мелких трещин.

В маломощных дайках может образоваться серия поперечных трещин, в которых локализуются короткие лестничные жилы. В тех случаях, когда дайки залегают, в породах, механические свойства которых мало отличаются от свойств пород даек или в более жестких породах, то в трещинах отрыва развиваются довольно протяженные жилы, приуроченные к контакту даек. Подобные месторождения характерны в основном для полей даек, распространяемых в массивах гранитоидов.

Основные задачи разведки таких месторождений — определение границ интрузий, выявление даек на поверхности и глубине, определение глубины распространения в них золотого оруденения.

Рудные поля, связанные с вулканическими аппаратами, характеризуются приуроченностью месторождений к вулканическим трубкам, neckам, кольцевым дайкам, жерловым фациям, телам эруптивных брекчий, которые, как правило, секут вмещающие породы. Рудные тела обычно представлены жилами, часто сложной морфологии, плитообразными залежами, телами неправильной формы, трубками. Форма рудных тел определяется приуроченностью их к трещинам отрыва, радиальным или концентрическим трещинам, а также отдельным разновидностям пород, слагающим вулканические аппараты, где золотое оруденение представлено прожилково-вкрапленным типом.

Главные вопросы, подлежащие изучению при разведке этого типа месторождений, — оконтуривание и прослеживание на глубину оруденения, вулканических аппаратов, изучение внутреннего строения и форм локализации оруденения в определенных структурах и породах.

2.2. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ, РЕШАЕМЫЕ В ПРОЦЕССЕ РАЗВЕДКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При проектировании разведки золоторудного месторождения как целой геолого-структурной единицы, необходимо учитывать геологическую структуру рудного поля, условия пространственного раз-

мещения рудных тел, их количество и размер, а также топографические условия местности. На каждом конкретном рудном поле сочетания этих факторов создают особые, обычно неповторимые условия. Поэтому золоторудные месторождения, как правило, разведываются по индивидуальной схеме. Это затрудняет разработку общих положений методики разведки.

Можно сформулировать только главные общие задачи, которые должны быть решены в процессе разведки золоторудных месторождений и определить основные комплексы методов для решения этих задач.

I. Задачи, связанные с изучением геологических особенностей рудного поля (месторождения). Эта группа задач решается главным образом при изучении поверхности месторождения в процессе детального геологического картирования и при изучении глубинного строения с помощью буровых и горных работ в сочетании с геофизическими и геохимическими исследованиями на стадиях предварительной и детальной разведки. Она включает:

а) изучение геологического разреза, выделение пород различных по литологическим и петрографическим свойствам, маркирующих горизонтов, стратиграфических и интрузивных контактов, а также других граничных поверхностей;

б) анализ условий залегания и взаимоотношений различных толщ, слагающих рудное поле, с прослеживанием по простиранию и падению маркирующих горизонтов и различных граничных поверхностей между отдельными толщами;

в) выявление и оконтуривание на поверхности и глубине массивов изверженных пород, даек, зон проявления контактового метаморфизма, установление различных магматических комплексов, последовательности их внедрения;

г) выделение и прослеживание по простиранию и на глубину тектонических нарушений (зон разломов, смятия, расщепления пород), определение последовательности их развития и взаимоотношения с различными комплексами пород;

д) выявление имеющихся на рудном поле золоторудных тел и их взаимоотношений с вмещающими породами и элементами структур;

е) установление характера золотого оруденения — принадлежности изучаемого рудного поля к одному из геолого-структурных и геолого-промышленных типов, распространения преобладающего морфологического типа рудных тел и минералогических типов руд.

При изучении поверхности рудного поля (месторождения) в процессе детальных геологических съемок указанные задачи решаются путем документации естественных и искусственных обнажений, а также использования специальных методов: металлометрии и спектрозолотометрии, дешифрирования аэрофотоснимков разных масштабов (обычных, спектральных, цветных и т. п.), наземных и аэрогеофизических методов (электро-, магнито- и гравитразведка, радиометрия, СВД-радиокип и др.), картировочного бурения до глубины 150 м (в закрытых районах).

Для изучения элементов геологической структуры на глубине проводятся: структурное и структурно-поисковое бурение, проводимое на начальных стадиях изучения рудных полей, до глубины 500 м; на стадии детальной разведки (в ряде случаев и предварительной) до глубины 1000 м и на крупных объектах до 1500 м; наземные и аэрогеофизические методы, позволяющие изучать рудное поле до больших глубин (грави-, сейсмо-, магнитометрия, электро-разведка); скважинные и шахтные геофизические и геохимические методы; детальное картирование горизонтов, вскрытых разведочными выработками и скважинами, с учетом геохимических и геофизических данных.

На основании геологической карты рудного поля, данных бурения структурных и разведочных скважин, результатов геофизических и геохимических исследований, материалов картирования разведочных горизонтов составляются поперечные и продольные разрезы, геолого-структурные планы отдельных горизонтов, планы в изогипсах различной геологической информации, блок-диаграммы, которые отражают объемное строение рудного поля и размещение золотого оруденения.

II. Задачи, связанные с выяснением факторов, определяющих условия локализации и глубину распространения золотого оруденения. Как известно, конечная цель разведочных работ — определение количества запасов и качества полезного ископаемого, которые невозможно выявить и установить без знаний закономерностей локализации оруденения в рудном поле (месторождении). В процессе разведки необходимо решить следующие основные задачи, связанные с изучением условий локализации оруденения:

— выделение разновидностей горных пород по физико-механическим свойствам (пористости, трещиноватости и т. п.);

— установление в вертикальном разрезе рудного поля структурных ярусов, значительно отличающихся по физико-механическим свойствам пород и условиям локализации оруденения, с определением их нижних границ;

— определение наличия блоковой структуры рудного поля и характеристика каждого блока с точки зрения условий локализации оруденения;

— изучение пространственных и временных связей оруденения со стратифицированными толщами и слоями пород, магматическими комплексами, тектоническими нарушениями, трещинами разного направления и т. д., выявление дорудной и пострудной тектоники, определение глубины распространения крупных тектонических нарушений, контролирующих распределение оруденения в пространстве;

— выяснение морфологии и условий залегания рудных тел, их вещественного состава и размеров;

— исследование закономерностей пространственного размещения рудных тел в пределах месторождения; выделение рудоконтролирующих и рудовмещающих структур, стратифицированных пород и секущих магматических тел (интрузий, некков, даек и т. д.);

— анализ характера распределения золота и других полезных компонентов, минеральных ассоциаций и в пределах месторождения, и в отдельных рудных телах в зависимости от геолого-структурных условий локализации оруденения; выделение латеральной и вертикальной зональности золотого оруденения;

— установление характера и степени интенсивности окolorудного изменения боковых пород, особенности в вертикальном разрезе рудного поля.

Для решения этих задач предлагается следующий комплекс методов.

1. Бурение структурных скважин до максимальной глубины распространения структур, вмещающих золотое оруденение.

2. Бурение структурно-поисковых скважин до глубины, несколько превышающей экономически обоснованную глубину отработки месторождения в настоящее время и на ближайшую перспективу;

3. Глубинные геофизические методы исследования (грави-, сейсмометрия и др.), а также наземные, скважинные и шахтные геофизические методы для изучения морфологии, условий локализации и глубины распространения оруденения.

4. Общая и специальная документация (в том числе фотодокументация естественных обнажений, поверхностных и подземных горных выработок, керн) и сопоставление ее с материалами геологического опробования, геофизической и геохимической информацией. Данный комплекс работ включает составление специальных вертикальных разрезов через месторождение с данными по распространению золота, продуктивных, минеральных ассоциаций, других полезных компонентов, форме и размерам рудных тел, характеру и интенсивности гидротермальных изменений, удельной рудоносности отдельных горизонтов и т. д.; погоризонтных структурных и геологических планов, разрезов, а также специальных планов, отражающих характер золотой минерализации, пространственное размещение продуктивных минеральных ассоциаций, характерных минералов, остальных полезных компонентов и т. д.; схем геологического строения глубоких горизонтов рудного поля и месторождения.

5. Изучение физико-химических свойств горных пород (пористости, удельной трещиноватости, растворимости и т. п.).

6. Массовые статистические замеры элементов залегания, трещия, даек, рудных тел, других поверхностей или линейных структур.

7. Статистический анализ данных опробования, а также анализ специальной геолого-минералогической и структурной документации для выяснения закономерностей распределения золота и других полезных компонентов, характерных минералов и элементов с использованием ЭВМ и построением специальных графиков.

Перечисленные методы не исчерпывают все приемы и методики изучения золоторудных месторождений (рудных полей), но являются главными для решения основной задачи — изучения структу-

ры месторождения (рудного поля) и условий локализации оруденения в связи с разведкой и промышленной оценкой месторождения как целой геолого-структурной единицы.

Для этого же используются различные петрографические, минералогические, аналитические методы, а также специальные методы геологического картирования, описанные в литературе и в соответствующих ведомственных инструкциях и указаниях.

2.3. РАЗВЕДОЧНЫЕ СИСТЕМЫ И ФАКТОРЫ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИЕ ИХ ВЫБОР ПРИ РАЗВЕДКЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Под системой разведочных работ понимается пространственное размещение разведочных выработок, которое дает возможность построить намеченные разрезы и планы, а также провести необходимое опробование для подсчета промышленных запасов полезного ископаемого [21]. Разведочная система на месторождении должна обеспечить с необходимой достоверностью выяснение особенностей геологического строения и размещения рудных тел, их формы, условий залегания, качества и основных подсчетных параметров полезного ископаемого.

При разведке золоторудных месторождений используются три группы разведочных систем: буровые, горные и горно-буровые (комбинированные). Наибольшее распространение имеют горно-буровые и горные системы, при помощи которых разведываются все морфологические типы золоторудных месторождений. Менее распространены буровые, которые применяются главным образом при разведке зон прожилково-вкрапленных и вкрапленных руд и значительно реже на месторождениях типа залежей и штокерков. В основном разведка ведется системой глубоких наклонных или вертикальных скважин.

Широкое использование горно-буровых и горных систем объясняется тем, что степень сложности геологического строения, морфология рудных тел и неравномерность распределения полезного компонента в них не всегда позволяют с достаточной надежностью провести разведочные работы бурением. Использование буровых систем сдерживают также и технологические недостатки бурения. Так, в сложных горно-технических условиях не удается получить в достаточном объеме керн или керношлямовый материал. Иногда из-за физических свойств руд имеет место избирательное истирание керна, которое не позволяет достоверно определить содержание золота. Горно-буровые системы наиболее универсальны. Они используются для разведки верхних горизонтов горными выработками, а нижних — бурением. Для создания разведочной системы на всех горизонтах месторождения осуществляются одновременная проходка горных выработок и бурение скважин. Главным образом применяется одновременная проходка разведочных штолен или шахт и наклонное и горизонтальное, реже вертикальное бурение.

Горные системы (разведочных штолен, шахт и реже шурфов) используются в основном при разведке отдельных рудных тел типа

жил или рудных тел трубчатого типа и залежей неправильной формы с крайне неравномерным распределением полезного компонента, сложным внутренним строением и морфологией, как правило относящихся к 4-й, реже 3-ей группе месторождений по классификации ГКЗ СССР.

При использовании горных систем для изучения геологического строения, поисков рудных тел и решения других частных задач разведки широко применяется бурение. В случае применения буровых систем необходимы заверочные работы для выяснения надежности бурения, в частности проходка горных выработок. Однако, как правило, такие выработки, хотя и проходятся по той же системе разрезов, што и скважины, но они лишь помогают решению задач разведки и не участвуют обычно в подсчете запасов.

При всех системах разведки месторождений, выходящих на дневную поверхность, широко используются поверхностные горные выработки.

Выбор системы разведки и технических средств зависит от природных и технико-экономических условий. При проектировании разведочных работ необходимо тщательно анализировать все эти условия с целью выбора наиболее экономичной системы разведки. Основными факторами, влияющими на выбор разведочной системы, являются геологические особенности и горно-технические условия, хотя в ряде случаев и географо-экономическая обстановка имеет значение для выбора разведочной системы.

В разных случаях роль этих факторов различна, и их комбинация или решающее значение отдельных факторов определяют выбор системы разведки. Тем не менее основной группой факторов в подавляющем большинстве случаев являются геологические, к которым относятся структура месторождения, форма и размеры рудных тел, степень изменчивости морфологии и содержания золота в рудных телах.

Размеры рудных тел и степень изменчивости их параметров определяют выбор технических средств, разведочных выработок и, следовательно, характер разведочной сети и системы разведки. Чем меньше размеры рудных тел, тем выше сложность их и изменчивость параметров, тем необходима более плотная разведочная сеть с преимущественным использованием подземных горных выработок. На крупных месторождениях при относительно невысокой степени изменчивости оруденения возрастает роль буровых или горно-буровых систем.

При выборе системы разведки косвенное влияние может оказать и качество руды по содержанию золота. В случае высоких содержаний золота в рудах можно применить более плотную разведочную сеть и шире использовать горные выработки, так как экономическая эффективность разведки при этом не снизится. При низких содержаниях золота наиболее эффективны буровые и горно-буровые системы. Среднее содержание золота будет влиять на выбор системы только в том случае, если это не противоречит остальным геологическим факторам.

К горно-техническим условиям, влияющим на выбор разведочной системы, в первую очередь относятся рельеф поверхности, глубина и элементы залегания рудных тел, характер вмещающих пород (крепость, устойчивость), а также водоносность разведываемого участка.

От рельефа местности зависит возможность применения различных горных систем. При расчлененном рельефе использование горных систем (штолен) наиболее благоприятно; при равнинном рельефе необходимо использование разведочной системы шахт (или шурфов), значительно более дорогостоящей.

Рельеф местности и элементы залегания рудных тел определяют выбор вариантов горной, буровой или комбинированной (горно-буровой) систем разведки.

Пологозалегające рудные тела лучше разведывать системой вертикальных скважин и горных выработок (типа шурфов). Использование подземных горных выработок тяжелого типа оправдано лишь в том случае, если рельеф позволяет применять проходку штолен. Крутопадающие тела, как правило, разведываются или горизонтальными горными выработками, или наклонными скважинами.

Большая глубина залегания месторождения (или рудного тела) предопределяет выбор наиболее дешевой разведочной системы — буровой. Однако в связи с обычно сложным строением рудных тел и крайне неравномерным распределением золота возможность буровых систем и в этом случае относительно ограничена; нередко приходится проходить глубокие разведочные шахты.

Крепость и устойчивость руд и вмещающих пород, а также сильная обводненность участка затрудняют проходку горных выработок и бурение скважин, что также необходимо учитывать при выборе системы разведки.

Меньше влияет на выбор системы разведки общая географо-экономическая обстановка, к которой в первую очередь следует относить транспортные возможности, энергетическую базу, наличие водных ресурсов и крепежного леса. Отсутствие крепежного леса, слабая энергетическая база, отсутствие дорог могут определить выбор наиболее простых систем разведки, например буровой, однако отсутствие воды — неблагоприятный фактор для колонкового бурения.

При сравнении и выборе системы разведки кроме учета влияния перечисленных факторов необходим технико-экономический анализ, позволяющий установить стоимость разведочных работ при различных системах разведки. При прочих равных условиях следует принимать и проектировать наиболее рациональную систему с точки зрения экономических показателей, в первую очередь себестоимости разведочных работ.

Как правило, большинство месторождений золота содержат достаточно большое количество рудных тел, но все они чаще всего находятся в пределах одной, сравнительно ограниченной по размеру, площади, и пространственное положение их определяется од-

ними и теми же рудораспределяющими и рудовмещающими элементами геологической структуры. Реже месторождение состоит только из одного рудного тела.

Огромное влияние на организацию разведочных работ и выбор системы разведки месторождения в целом оказывают условия пространственного соотношения рудных тел. По данному признаку могут быть выделены следующие группы золоторудных месторождений.

1. Одиночные рудные тела простого или сложного строения или несколько изолированных рудных тел.

2. Система связанных рудных тел, в том числе системы: а) параллельных или субпараллельных рудных тел; б) разветвляющихся или сопряженных рудных тел; в) рудных тел, приуроченных к структурным элементам разного направления; г) рудных тел, тяготеющих к одной рудоконтролирующей структуре и последовательно сменяющих друг друга по простиранию и падению.

3. Группа рудных тел, неравномерно распределенных внутри продуктивной зоны значительной ширины и длины, не имеющей четких геологических ограничений.

Система разведки месторождения в каждом из перечисленных случаев обладает своими специфическими чертами.

В случае одиночных или нескольких изолированных рудных тел с целью решения геологических вопросов для каждого рудного тела создается своя система разведочных выработок, обеспечивающая надежную их разведку сетью специальных выработок, чаще всего скважин, для решения геологических вопросов в целом по месторождению и поисков новых рудных тел. При наличии связанных тел применяются системы, позволяющие одновременно изучать месторождение в целом и производить разведку каждого рудного тела в отдельности (обычно это комбинированная система квершлагов с штрековыми выработками — с рассечками). В случае неравномерно распределенных рудных тел строится единая система для разведки всей продуктивной зоны.

Среди многих факторов, определяющих выбор направления разведочных работ и общий план пространственного расположения выработок, к главнейшим относятся: геологическая структура рудного поля, морфология рудных тел, общие условия их залегания и взаимного расположения. В связи с этим разведка любого месторождения должна проводиться на основе детальной геологической карты рудного поля.

Несмотря на большое разнообразие геолого-структурных условий, характеризующих золоторудные месторождения, можно выделить некоторые общие черты в пространственном расположении и назначении отдельных типов разведочных выработок.

При разведке новых месторождений с поверхности общепринятая схема разведки базируется на расположении разведочных выработок по параллельным профилям, пересекающим всю площадь месторождения и оконтуривающим его с флангов. Все разведоч-

ные выработки (канавы, шурфы с рассечками, скважины) должны располагаться в плоскости профиля.

В случае разведки месторождений, представленных крупными рудными телами более или менее изометрической формы или при неравномерном размещении рудных тел неправильной формы и невыясненных условиях их распределения, разведка профилями может быть заменена разведкой по квадратной сетке. При этом большое значение могут иметь разведочные выработки, задаваемые со специальным назначением, в частности выяснения узловых вопросов структуры рудного поля или локализации оруденения. Особенную ценность представляют, так называемые, структурные скважины, глубина которых обычно значительно больше глубины скважин, расположенных по принятой сетке. При этом, для подавляющего числа месторождений общая система разведки предусматривает сочетание выработок разного назначения (вскрывающие, подходные, собственно разведочные, вспомогательные).

К вскрывающим выработкам относятся шахты и, в тех случаях, когда позволяет рельеф местности, штольни. В отличие от штольни шахтой месторождение вскрывается на несколько горизонтов и, по мере углубления шахты могут быть вскрыты новые горизонты. Штольня рассчитана на вскрытие только одного горизонта.

Расположение шахты по отношению к контуру шахтного поля может быть различно: внутри промышленного контура, в центре месторождения, за контуром распространения оруденения, висячем или лежащем боку рудных тел. Шахты могут проходить с поверхности или из подземных выработок (слепые шахты).

Выбор расположения шахты зависит от ее назначения, геологической структуры участка, рельефа местности и других условий. Шахты, предназначенные только для разведки месторождения, выгоднее располагать ближе к рудным телам.

Эксплуатационно-разведочные шахты чаще проходят в лежащем боку месторождения на таком расстоянии от контура промышленных руд, чтобы как можно меньше балансовых руд попало в границы охранного целика шахты и околоствольных выработок. Место заложения шахт согласовывается с соответствующими горно-добывающими предприятиями.

Подходные выработки по своему назначению аналогичны шахтам. С их помощью также вскрывается месторождение, но только на одном горизонте. Поэтому штольни одновременно выполняют функции вскрывающих и подходных выработок. Подходные выработки (обычно это квершлаг) непосредственно связывают шахту с участками расположения рудных тел. Подходные выработки проходятся или на каждом горизонте или только на некоторых из них. В последнем случае промежуточные горизонты вскрываются востоящими или гезенками.

Выработки, при помощи которых разведывается месторождение, по своей номенклатуре и назначению довольно разнообразны. Среди них выделяют четыре группы.

1. Выработки, при помощи которых создается определенная система разведки, но сами они или не вскрывают рудные тела, или, если и вскрывают, то при подсчете запасов не учитываются; к ним главным образом относятся рудные (реже полевые) штреки, протягивающиеся вдоль мощных рудных тел, и квершлагги на жильных месторождениях. 2. Выработки, с помощью которых вскрываются и опробуются рудные тела; в зависимости от типа месторождения, это могут быть штреки, квершлагги, орты, восстающие, скважины разного направления и др. 3. Вспомогательные выработки, необходимые для проходки основных разведочных выработок; к ним относятся: буровые камеры, выносные квершлагги, рассечки для заложения горизонтальных скважин, восстающие, проходимые для вентиляции и т. п. 4. Выработки, имеющие поисковое назначение или при помощи которых уточняются вопросы геологической структуры месторождения. Среди них преобладают скважины разного направления. С этой же целью могут быть пройдены специальные квершлагги, рассечки и другие горные выработки. Для разведки месторождения в целом имеют значение в основном выработки первой и четвертой групп.

Горные выработки первой группы имеют особо важное значение и предназначены для создания систем разведки. Номенклатура и расположение их определяются морфологическим типом месторождений, количеством, размером и взаимным расположением отдельных рудных тел, и хотя на каждом месторождении существуют свои особенности, все-таки можно в самом общем виде дать основные схемы разведки месторождений.

В тех случаях, когда месторождения представлены рядом линейно-вытянутых рудных тел небольшой мощности (свиты сближенных жил даек, рудных зон), для создания системы разведки месторождения используются квершлагги, пересекающие всю продуктивную зону. Количество квершлаггов зависит от размера месторождения, числа рудных тел и других факторов. При параллельном расположении рудных тел квершлагги располагают параллельно на более или менее значительном расстоянии друг от друга. В тех случаях, когда рудные тела расположены в направлениях, резко отличающихся друг от друга, то соответственно меняется и направление квершлаггов, но в этом случае большое значение приобретают горизонтальные скважины, с помощью которых предварительно определяется наличие и пространственное положение, по возможности, каждого рудного тела.

На месторождениях этого типа квершлагги предназначаются для вскрытия рудного тела, которое в дальнейшем будет разведываться по простиранию. Кроме того, с помощью квершлаггов, пересекающих всю зону промышленного оруденения, уточняют положение структурных элементов, контролирующих пространственное размещение рудных тел, и выявляют новые, ранее неизвестные рудные тела.

Принципиально другая система разведки месторождений штреками по простиранию рудных тел или рудоносных зон применяется

на месторождениях, представленных линейно-вытянутыми мощными рудными телами — крупными жилами, дайками, жиллообразными залежами, жильными зонами. Данная система разведки чаще применяется в тех случаях, когда на месторождении имеется одно крупное рудное тело или рудные тела приурочены к одной рудоносной трещине или зоне и последовательно сменяют друг друга по простиранию.

Поскольку в этих случаях собственно разведка и опробование рудных тел ведутся вкрест их простирания, для чего проходятся орты, то назначение штрека — создать жесткую основу, позволяющую равномерно расположить орты и охватить ими все рудное тело.

Штреки в этих случаях, как правило, проходятся по рудному телу, так как они решают одновременно две различные по назначению, но необходимые задачи: создают основу для разведки рудного тела и подтврждают сплошность оруденения по простиранию. Проходка полевых штреков допустима лишь в тех случаях, когда невозможно по горно-техническим условиям пройти рудные штреки, или их необходимо использовать при эксплуатации, с проверкой сплошности оруденения скважинами или в последнем случае дополнительными штрековыми выработками.

Значительное количество месторождений разведывается комбинированным способом, т. е. когда опорная сеть разведочных выработок создается одновременно при помощи штреков и квершлаггов. Это в основном имеет место в тех случаях, когда месторождение представлено несколькими более или менее параллельно расположенными мощными рудными телами типа жильных зон, даек или мощных жил.

Выработки четвертой группы проходятся каждая по специальному проекту и имеют определенное целевое назначение, вытекающее из индивидуальных особенностей геологического строения разведываемого месторождения. Поэтому необходимо учитывать большую важность этих работ, которые часто опережают систематическую разведку. В практике были случаи, когда из-за недостаточного внимания к структурно-поисковым работам месторождение оказывалось недоразведанным или эксплуатационные работы преждевременно прекращались, а потом приходилось восстанавливать выработки, что приводило к большим неоправданным расходам.

Особо следует остановиться на разведке месторождений скважинами. С помощью бурения, как правило, разведываются месторождения типа минерализованных зон, штокверков и залежей, которые обычно представлены одним или реже несколькими сближенными крупными рудными телами наклонного или близкого к горизонтальному залегания. Разведка месторождения в целом на этих объектах сводится к оконтуриванию площади распространения оруденения одновременно с разведкой рудного тела или группы сближенных тел. Задачи эти решаются при помощи вертикаль-

ных или наклонных скважин, пробуренных по прямоугольной или квадратной сетке.

Скважины для разведки рудных тел (особенно разведочные скважины) и изучения (окиривания) месторождения в целом бурят по одним и тем же профилям, но с разной плотностью. Глубина разведочных скважин определяется или глубиной дна будущего карьера, или необходимым количеством запасов для первой очереди разведки. Глубина скважин для изучения месторождения в целом зависит от конкретных геологических задач, которые хотят решить с помощью бурения той или иной скважины.

Один из основных вопросов методики разведки золоторудных месторождений — разведка их на глубину. Специальной и очень важной задачей разведки месторождения является определение глубины распространения промышленного оруденения. При этом возникает несколько частных вопросов: выяснение рациональной глубины разведки на разных ее стадиях; выбор методики разведки в зависимости от морфологии рудных тел; организация и способы проведения разведочных работ. Перечисленные вопросы должны решаться применительно к новым месторождениям и месторождениям, находящимся в эксплуатации.

Новые месторождения на глубину в той или иной степени разведываются на всех этапах работ. На стадии предварительной разведки, а нередко и поисково-оценочных работ стремятся при помощи неглубоких шурфов с рассечками и скважин вскрыть рудные тела на небольших глубинах: от 25 м шурфами до 150 м скважинами. На стадии детальной разведки новых месторождений глубина разведки значительно увеличивается и нередко составляет 100—120 м горными выработками (шахтами) и 250—450 м скважинами. Указанная глубина разведки новых месторождений золота в настоящее время не всегда достаточна.

Основные задачи стадий поисково-оценочных работ и предварительной разведки следующие: установление протяженности рудных тел по падению на глубину 300—500 м, уточнение элементов залегания рудных тел, вскрытие руд в первичном залегании (ниже зоны окисления) для определения их минерального состава и отбора технологической пробы в целях проведения предварительных испытаний. Все это необходимо для оценки прогнозных ресурсов P_1 и запасов категории C_2 месторождения в целом.

На стадии детальной разведки главной задачей становится разведка промышленных запасов по категориям C_1 , C_2 (редко В) в количествах, необходимых для передачи месторождения в эксплуатацию и оценки глубоких горизонтов месторождения.

На стадии детальной разведки новых месторождений вполне достаточна глубина 600 м (с детальной разведкой рудных тел до 200—500 м). В отдельных случаях она может достигать 800 м, но это не исключает необходимости изучения более глубоких частей месторождения при помощи структурно-поисковых скважин.

Задача, решаемая при бурении структурно-поисковых скважин, — определение глубины развития геологических структур, ко-

торыми обуславливается локализация золотого оруденения, а также распространение на глубину промышленного оруденения. Эти материалы служат основанием для оценки прогнозных ресурсов категории P_1 .

Положительные результаты структурно-поискового бурения позволяют более уверенно экстраполировать запасы категории C_2 непосредственно в пределах разведанной части месторождения.

Конкретные задачи, решаемые с помощью структурно-поискового бурения, устанавливаются в зависимости от геологических особенностей рудного поля. От последних зависит и глубина бурения на разных стадиях разведки.

Так, на стадии поисково-оценочных работ структурно-поисковые скважины бурятся на глубину до 300 м, на стадии предварительной разведки — до 600 м, на стадии детальной разведки — до 800 м и, наконец, на эксплуатируемых месторождениях или на очень крупных месторождениях — до 1200 м и более. Следует отметить, что за рубежом и глубина отработки, и глубина бурения скважин на золоторудных месторождениях значительно выше, чем в СССР. В отдельных случаях на эксплуатируемых месторождениях золота Южной Африки, Бразилии, Индии, Канады структурно-поисковые скважины достигали глубин свыше 2500 м (до 4000 м и более).

Говоря о разведке месторождений золота на глубину, следует еще раз подчеркнуть, что в данном случае разведывается месторождение в целом, а не отдельные рудные тела. Объектами разведки при этом служат прежде всего элементы геологической структуры месторождения, контролирующие размещение рудных тел и, вторых, само золотое оруденение, установленное по прямым и косвенным признакам. Систематическое же разбуривание отдельных глубокозалегающих рудных тел, особенно при относительно небольших их размерах, нецелесообразно.

Разведка на глубину эксплуатируемых месторождений по сравнению с разведкой новых месторождений имеет свои особенности, которые состоят прежде всего в том, что эксплуатируемое месторождение уже вскрыто на значительную глубину. В процессе ранее проведенных разведочных и добычных работ более или менее детально изучены геологическая структура месторождения, условия локализации рудных тел, их морфология, вещественный состав, установлен характер изменения основных параметров месторождения с глубиной (зональность его) и другие данные, всесторонне характеризующие месторождение. Необходимость разведки эксплуатируемого месторождения на глубину обычно возникает тогда, когда запасы, подсчитанные в более верхних частях месторождения, в той или иной мере уже отработаны, и стоит вопрос о дальнейшей деятельности горно-рудного предприятия.

Разведка на глубину месторождений может производиться «ступенями» или на всю глубину распространения оруденения.

Схема разведки месторождения ступенями предусматривает последовательную разведку на глубину с высотой ступени 150—

400 м, а в ряде случаев и более. Собственно разведка новых месторождений на глубину 300—400 м это и есть разведка первой ступени (или первой очереди). После того как первая ступень месторождения будет полностью вскрыта и частично отработана, а на месторождениях с большим вертикальным размахом оруденения полностью детально разведана, начинается разведка следующей ступени на всю глубину. На тех месторождениях, где эксплуатация не начата, одновременно с разведкой каждой следующей ступени запасы C_2 предыдущей ступени переводятся, как правило, в более высокие категории путем разведки их горными выработками.

Схему разведки месторождения на всю глубину распространения оруденения целесообразнее всего применять на новых месторождениях, но в ряде случаев это возможно и при доразведке эксплуатируемого месторождения. При использовании этой схемы на стадии детальной разведки нового месторождения или на любой стадии отработки эксплуатируемого месторождения могут быть проведены разведочные работы на технически максимально возможную глубину с учетом разной степени детальности разведки верхних, средних и глубоких частей месторождения.

Схема разведки месторождения на всю глубину может быть рекомендована, и, несомненно, будет эффективна в тех случаях, когда доказано, что глубина распространения промышленного оруденения сравнительно невелика (400—500 м). При этом верхняя половина месторождения может быть разведана горными работами, а нижняя — скважинами по достаточно плотной сети с подсчетом запасов по категориям C_1 и C_2 . Если нет уверенности, что оруденение на глубину быстро выклинивается, то разведка его ступенями будет эффективнее.

В практике применяется также схема последовательной разведки нижних горизонтов отдельными этажами. Это наиболее распространенная схема разведки эксплуатируемых месторождений золота. Она предусматривает наименьший производственный риск и обеспечивает наиболее быструю отдачу на вложенные в разведку средства.

В процессе последовательной разведки этажами по мере отработки нижних горизонтов месторождения действующая шахта углубляется на один-два горизонта (40—100 м), запасы по которым предварительно разведаны скважинами или подвешены к последним горизонтам, вскрытым горными выработками. Иногда вместо углубки основной шахты проходят слепую шахту, гезенк или уклон. На вновь вскрытом горизонте осуществляют горные работы согласно принятой системе разведки и эксплуатации. Таким образом, постепенно, один за одним, вовлекаются в разведку, а затем и эксплуатацию нижележащие части месторождения.

Как видно, при поэтапной разведке «глубокие горизонты» месторождения собственно и не разведываются. Разведке горными выработками подвергаются только близлежащие «нижние горизонты», причем разведка горными выработками проводится в контуре

запасов категории C_1 или C_2 , обычно ранее разведанных скважинами.

Для оценки прогнозных ресурсов и проектирования разведки глубоких горизонтов месторождений необходимо установить распространение на глубину благоприятных структур и возможность локализации в них оруденения. Эти вопросы решаются путем анализа всех геологических данных по разведанной части месторождения и экстраполяции их на более или менее значительную глубину, глубинного геологического картирования и бурения небольшого числа глубоких структурных скважин.

Глубинное геологическое картирование приобретает в настоящее время большое значение в связи с необходимостью проведения разведочных работ на глубоких горизонтах ряда золоторудных месторождений, на базе которых уже созданы крупные горно-обогатительные предприятия. Назначение этого метода — трехмерное (объемное) изучение геологического строения рудного поля с целью промышленной оценки глубоких горизонтов.

Предпосылкой для такого изучения служит значительная прогнозная количественная оценка наличия золотых руд (и запасов C_2), выполненная на основании изучения поверхности и верхних горизонтов месторождения. Для подтверждения запасов категории C_2 и прогнозной оценки с переводом их в запасы промышленных категорий требуются не только бурение глубоких скважин, но и проходка дорогостоящих разведочных шахт глубиной до 800 м. Для обоснования этих затрат необходима более объективная информация о геологическом строении глубоких горизонтов. Такая информация может быть получена не только на основании экстраполяции геологических данных, полученных на основании изучения с поверхности, но и главным образом по материалам геофизических и геохимических исследований.

Применение геофизических методов для решения указанных задач позволит получить дополнительные сведения о глубине продолжения крупных тектонических нарушений (рудовмещающих, рудоограничивающих, рудоограничивающих); наличии ярусности в строении рудного поля и вертикальном диапазоне отдельных ярусов; характере контактов; формах и глубинах залегания интрузивных тел или покровов вулканитов; блоковом строении рудного поля и, в частности, его фундамента при наличии ярусного строения; возможном поведении промышленного оруденения на глубину.

Эти сведения могут быть получены при проведении воздушных геофизических съемок, наземных геофизических работ, скважинных или шахтных методов исследований. При этом помимо использования геофизических данных, полученных на предыдущих стадиях работ, для решения вопросов глубинного (объемного) геологического картирования следует проводить специальные геофизические исследования. Как правило, они требуют значительных затрат и поэтому постановка их должна быть хорошо обоснована.

При глубинном геологическом картировании возможно исполь-

зование методов гравитационной и сейсмометрии, обеспечивающих получение более ценной и полной информации о геологическом строении объектов на глубине. В отдельных случаях можно использовать магнито- и электрометрию (электропрофилирование и ВЭЗ).

Детальность геофизических работ для решения задач глубокого геологического картирования зависит от конкретных условий. Однако по точности информации и размерам геологических структур, возможных для картирования в пределах рудных полей, в общем, подходит масштаб 1 : 10 000—1 : 25 000.

2.4. ВЫБОР ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ ПРИ РАЗВЕДКЕ РУДНЫХ ТЕЛ

Наиболее важным и сложным вопросом, особенно на стадии детальной разведки, является выбор необходимой плотности разведочной сети для разведки отдельных рудных тел и подсчета запасов промышленных категорий. От правильного выбора плотности разведочной сети зависят материальные и трудовые затраты на разведку, сроки работ, а также достоверность разведанных запасов. В то же время каждое из разведываемых месторождений характеризуется только ему присущей изменчивостью оруденения, определяющей необходимую плотность разведочных выработок.

Степень изменчивости оруденения очень сложно установить на ранних стадиях разведочного процесса, когда объем имеющейся информации незначителен. Степень изменчивости оруденения, определенная после поисково-оценочных работ, часто не соответствует природной изменчивости оруденения и в процессе дальнейшей разведки при увеличении плотности разведочной сети постоянно уточняется.

Кроме того, в ряде случаев отдельные участки месторождения и рудные тела обладают различной степенью изменчивости оруденения, что требует дополнительного сгущения разведочной сети на данных участках.

По этим причинам заранее определить необходимую плотность разведочной сети в зависимости от изменчивости оруденения бывает трудно. Поэтому чаще всего на ранних стадиях геологоразведочных работ используется метод аналогии, в основу которого положено сравнение и сопоставление разведываемого месторождения с хорошо известными месторождениями, сходными по геологическим особенностям, характеру морфологии рудных тел, минеральному составу руд, особенностям золота и его содержаниям в рудах.

В дальнейшем, когда более надежно устанавливается характер и интенсивность изменчивости свойств основных параметров оруденения (морфологии рудных тел и содержания золота), метод аналогии приобретает еще большее значение для определения плотности разведочной сети.

На методе аналогии основаны и рекомендуемые ГКЗ СССР и Методическими указаниями [23] параметры разведочной сети на различных морфологических типах месторождений для подсчета

запасов разных категорий, которые разработаны исходя из опыта разведки золоторудных месторождений СССР, характеризующихся различной степенью изменчивости оруденения.

По данным поисково-оценочных работ или предварительной разведки выясняют тип изучаемого месторождения и степень изменчивости основных параметров рудных тел и по таблице примерно устанавливают необходимую плотность разведочной сети. Рекомендуемые расстояния не являются обязательными для каждого типа месторождений, так как это усредненные значения. Для наиболее эффективной разведки всегда необходимо корректировать рекомендуемую плотность сети в зависимости от индивидуальных особенностей разведываемого объекта. Существуют три основных способа определения параметров разведочной сети: 1) разрежение или сгущение разведочной сети, 2) сравнение данных разведки с данными эксплуатации (для эксплуатируемых месторождений), 3) аналитический.

При разведке новых месторождений довольно широко применяется способ разрежения или сгущения разведочной сети. По существу это два варианта одного способа. В первом варианте для определения необходимой и достаточной плотности разведочной сети сравниваются результаты подсчета запасов (средние величины мощности, содержания; запасы руды, площади рудных тел, их контуры) по сеткам различной густоты путем последовательного (в 2—4 раза) разрежения принятой при разведке сети. При одной и той же степени разрежения подсчитываются запасы по всем вариантам и рассчитываются средние ошибки для каждой плотности. Полученные результаты сравниваются с основным вариантом подсчета запасов по всем разведочным выработкам. Вариант плотности сети, который незначительно отличается по всем параметрам от основного варианта и принимается как оптимальный. Допустимыми можно считать ошибки, не превышающие 20 %.

Однако этот способ не всегда дает надежный результат, так как параметры основного варианта максимальной плотности могут значительно отличаться от истинных (особенно на сложных объектах). Поэтому наилучшие результаты дает второй вариант метода, когда на характерном для месторождения участке или рудном теле сгущается разведочная сеть (в 2—4 раза) как по простиранию рудных тел, так и по падению. После этого тем же способом рассчитываются все параметры при различной плотности сети, которые сравниваются с параметрами при наибольшей плотности, а затем выбирается оптимальная разведочная сеть.

Экспериментальное разрежение или сгущение разведочной сети проводится на участках рудных тел, наиболее характерных для данного месторождения, разведанных по самой плотной сети (обычно это блоки категории В на месторождениях II группы и С₁ на месторождениях III—IV групп) и предназначенных для первоочередной отработки при эксплуатации.

При разведке горными выработками и скважинами сгущение сети должно осуществляться в пределах не менее чем трех-четырёх

разведочных вертикальных разрезов, путем дополнительной проходки выработок. На разведочных горных горизонтах (на одном или двух) проходятся промежуточные (по простиранию) выработки, а при очень сложном строении может быть пройден дополнительный горизонт между двумя существующими. Вместо рассечек могут быть пробурены горизонтальные скважины.

При разведке бурением проходят промежуточные разрезы, и в них бурят дополнительные скважины. В пределах маломощных рудных тел, разведываемых в основном выработками прослеживания, дополнительные выработки обычно не проходят (хотя могут быть пройдены промежуточные горизонты или дополнительные восстающие), а увеличивают только плотность опробования в штреках. Учитывая, что экспериментальное сгущение разведочной сети требует значительных дополнительных затрат, следует на экспериментальном участке одновременно проводить работы по заверке данных бурения и выяснению надежности применяемых способов опробования.

Метод сгущения сети для вновь разведываемых месторождений — основной. Он позволяет надежно выбрать оптимальную плотность разведочной сети. На эксплуатируемых месторождениях следует применять наиболее точный способ определения плотности разведочной сети — способ сравнения данных разведки и эксплуатации, который является обязательным при представлении отчетов в ГКЗ СССР для утверждения запасов действующих предприятий. По мере отработки месторождения получают материалы, свидетельствующие о надежности или недостаточной точности полученных при разведочных работах данных. В результате появляется возможность выбора наиболее рациональной сети для разведки флангов, глубоких горизонтов или разведки аналогичного нового объекта.

Сравниваются, как правило, контуры рудных тел, средние содержания и запасы руды и металла, полученные по данным разведки и эксплуатации. Сравнение необходимо проводить как по отдельным блокам, так и в целом по рудным телам.

При таком сравнении необходимо учитывать все факторы, влияющие на достоверность данных разведки и эксплуатации, выяснить основные причины, приводящие к неподтверждению разведанных запасов (неверно определены средние параметры — содержание, объемная масса; неправильно определен контур рудного тела и т. д.). Сравнивать данные разведки и эксплуатации необходимо как в контурах рудных тел, утвержденных ГКЗ СССР, так и в контуре отработанных запасов. Это дает возможность проследить изменение запасов и подсчетных параметров, а также установить их надежность для примененной сети при разведочных работах.

Сравнение проводится как отдельно для запасов категорий В, С₁ и С₂, так и по сумме всех запасов. При этом сравниваются результаты по отдельным блокам и в целом по рудным телам (с учетом категоричности запасов). Выводы о неподтверждении запасов и необходимой плотности разведочной сети следует делать, глав-

ным образом основываясь на результатах сравнения в целом по рудным телам, а для последнего случая и по укрупненным блокам, какие обычно применяются при разведке и подсчете запасов. Это обусловлено тем, что по отдельным эксплуатационным блокам расхождения могут достигать значительных размеров, в то время как в целом по рудным телам и тем более по месторождению за счет компенсации ошибок разных знаков по блокам ошибки могут быть незначительны.

Неподтверждением запасов можно считать наличие существенных количественных изменений их при эксплуатации в контурах ГКЗ СССР или при резком изменении контуров рудных тел при эксплуатации (когда руда с промышленными содержаниями обрабатывается практически в других контурах). Сравнивать данные разведки можно двумя способами.

Первый способ — сравнение с эталоном, полученным по результатам эксплуатационной разведки (эксплуатационного опробования), второй способ — сравнение с результатами работы фабрики. Сравнение с эталоном наиболее предпочтительно, так как густая сеть эксплуатационного опробования позволяет получить надежные контуры рудных тел и их средние параметры. Сравнение с данными работы фабрики можно проводить только в том случае, когда на эксплуатационном предприятии хорошо поставлен учет потерь и разубоживания руды на всем ее пути — от отбойки до поступления на фабрику. Если такой учет недостаточно хорошо поставлен, то данные работы фабрики не могут служить надежным эталоном. Кроме того, подобное сравнение можно провести только за длительный период эксплуатации в целом по месторождению и лишь в редких случаях по отдельным рудным телам или блокам при условии одновременной отработки только одного рудного тела или отдельных эксплуатационных блоков.

Как показывает практика, эти виды работ осуществляются не на должном уровне. При проведении экспериментальной отработки отдельных блоков получают непредставительные данные, так как по отдельным блокам из-за крайне высокой изменчивости оруденения на золоторудных месторождениях всегда имеются значительные расхождения (средних параметров как в сторону завышения, так и занижения) между данными разведки и эксплуатации.

Таким образом, наиболее надежные результаты дает сравнение разведочных данных с данными эксплуатационной разведки. Используя способ разрежения, можно определить оптимальную плотность сети разведочных выработок и скважин и использовать ее для разведки аналогичных рудных тел изучаемого или нового месторождения.

Еще раз следует подчеркнуть, что нельзя сравнивать только средние значения параметров подсчета запасов. Необходимо и сравнение контуров, так как при одинаковых средних содержаниях и запасах руды и металла контуры могут различаться довольно значительно. Без учета контуров рудных тел в разрезах, планах и

проекциях можно сделать совершенно неверные выводы о необходимой плотности разведочной сети. При этом следует всегда учитывать и изменение геологической интерпретации при различной плотности сети.

Аналитический способ определения плотности разведочной сети используется в практике довольно широко, но применение его относительно ограничено, и он носит в основном контрольный характер. Этот способ основан на определении статистических характеристик изменчивости основных параметров рудных тел и использовании их для решения вопроса о количестве выработок или необходимом расстоянии между точками наблюдения, достаточных для разведки данного объекта.

Определив степень изменчивости параметра, обладающего наибольшей вариацией, по соответствующим формулам математической статистики и теории вероятности, как правило, с заданной допустимой точностью находят количество необходимых выработок (или проб, или пересечений и т. п.), площадь, приходящуюся на одну выработку или предельные расстояния между выработками. Однако большинство методов в основном предусматривают выбор необходимого числа пересечений без учета сложности контура рудных тел и площади рудного тела, в результате для небольших объектов и очень крупных тел, имеющих одинаковую степень изменчивости, получаются одни и те же параметры разведочной сети.

Для определения расстояний между разведочными пересечениями используются также методы, позволяющие определить «шаг» закономерной составляющей изменчивости оруденения (как наиболее изменчивого параметра), например многократное сглаживание, тренд-анализ и т. п. В зависимости от этого шага выбирается плотность сети, позволяющая уловить изменение основных параметров оруденения.

Как показывает практика использования аналитических способов, не всегда по малым выборкам (которые часто не соответствуют генеральной совокупности признака) удается надежно определить необходимую плотность сети. Для применения этих методов нужна значительная плотность сети, т. е. необходимо ступение сети наблюдений, что реально возможно только при использовании данных эксплуатации. В этом случае можно достаточно надежно уловить характер изменчивости оруденения и правильно определить статистические характеристики его основных параметров. Тем не менее как контрольный этот метод может быть использован для определения плотности сети на стадиях предварительной и детальной разведки.

Необходимо отметить, что ВИЭМС на основе аналитических методов разработал методику определения необходимого числа разведочных пересечений и плотности разведочных выработок при предварительной разведке, в том числе и для золото-рудных месторождений [33].

2.5. ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

1. Целевое назначение и исходные данные для проектирования и предварительной разведки

Предварительная разведка проводится на объектах (месторождениях), положительно оцененных при поисково-оценочных работах. Целевое назначение предварительной разведки — определение масштаба месторождения, изучение условий локализации, залегания, морфологии и вещественного состава рудных тел, характера изменчивости основных параметров рудных тел (содержания, мощности, морфологии) и на этой основе выяснение промышленной значимости месторождения.

К началу предварительной разведки в результате геолого-съёмочных, поисковых и поисково-оценочных работ должны быть в наличии следующие материалы:

— геологическая карта района месторождения масштаба 1 : 50 000;

— геологическая карта рудного поля (или участка) масштаба 1 : 10 000—1 : 25 000 в зависимости от размеров рудного поля или участка;

— данные геофизических и геохимических исследований в масштабе 1 : 10 000—1 : 50 000;

— схематические геологические планы участков с расположением разведочных выработок масштаба 1 : 5000—1 : 25 000, планы с результатами опробования рудных тел во всех естественных обнажениях, имеющих горных выработках и скважинах (масштаб 1 : 2000—1 : 10 000);

— представление о геолого-структурном типе рудного поля и геолого-промышленном типе месторождения, условиях локализации золотого оруденения на рудном поле, вещественном составе руд в приповерхностной и первичной зонах;

— приближенные данные о морфологических типах большинства рудных тел и их размерах, содержании в них золота и характере самого золота;

— предварительная информация о технологических свойствах основных выявленных типов руд;

— характеристика рельефа местности и условий проведения геологоразведочных работ;

— оценка прогнозных ресурсов по группе P_1 и подсчет запасов по категории C_2 по рудным телам, вскрытым и опробованным по редкой сети поверхностными горными выработками и скважинами; прогнозная оценка и подсчет запасов выполняются по районным кондициям или по параметрам, определенным с помощью номограммы, разработанной в ЦНИГРИ для оценки запасов на поисковых стадиях.

Обычно эти материалы представлены в отчете о результатах поисково-оценочных работ, и они являются исходными данными для проектирования и предварительной разведки.

Составление проекта и предварительная разведка осуществляются с обязательным учетом геологических, горно-технических и других факторов.

Такие геологические факторы, как геологическая структура рудного поля (участка) условия локализации золотого оруденения и закономерности его размещения в пространстве определяют направление разведочных работ, общую схему разведки и перечень конкретных задач, которые должны быть решены при предварительной разведке месторождения, как целостной геолого-структурной единицы. Морфологический тип, условия залегания и размеры рудных тел, характер изменчивости оруденения служат основой для выбора системы разведки рудных тел, т. е. определяют выбор типа разведочных выработок, их размещение, плотность разведочной сети, способ и методику опробования. Горно-технические и гидрогеологические условия месторождения, характер рельефа местности, мощность наносов вместе с геологическими факторами обуславливают выбор технических средств, обеспечивающих выполнение поставленных перед предварительной разведкой задач, а также стойкость и сроки проведения разведки. Вещественный состав руд, характер вмещающих пород и структурная обстановка влияют на выбор геофизических и геохимических методов разведки.

Только правильный учет всех этих факторов и выбор комплекса методов, необходимых для решения задач, дает возможность эффективно, без излишних материальных и временных затрат в процессе предварительной разведки надежно установить промышленную ценность разведываемого месторождения.

В процессе предварительной разведки необходимо четко представлять, что от результатов работ этой стадии зависит дальнейшая судьба объекта — или он будет оценен, как имеющий промышленное значение, или будет отнесен к разряду непромышленных. Исходя из этого, в процессе работ должно быть оценено все рудное поле в плане, определен размах оруденения на глубину, вскрыты и опробованы все основные рудные тела. Только в таком случае может быть дана правильная геолого-промышленная оценка месторождения. Все эти вопросы необходимо решать с минимальными затратами, учитывая возможность непромышленного значения объекта.

Часто на стадии предварительной разведки эти требования не соблюдаются: предварительная разведка ведется на отдельных участках или даже отдельных рудных телах с детальностью, отвечающей требованиям детальной разведки. В то же время остальные участки или рудные тела не изучаются совсем или изучаются в объемах, недостаточных для оценки их промышленной значимости. В связи с этим часто дается неправильная геолого-промышленная оценка объекта. Для детальной разведки передается непромышленное месторождение, объект изучается несколько раз и только через длительное время и со значительными затратами устанавливается его промышленная ценность.

В процессе предварительной разведки необходимо выполнить следующее:

— уточнить или установить границы рудного поля, его геологическую структуру с обязательным прослеживанием по простиранию и падению структурных элементов, определяющих пространственное размещение, условия залегания, морфологию рудных тел; это обеспечивается составлением или уточнением крупномасштабных геологических карт рудного поля (1 : 10 000 или 1 : 5000) и более детальных карт его участков;

— выявить все основные рудные тела в пределах рудного поля (месторождения) с помощью поисковых и разведочных выработок, а также геохимических и геофизических методов;

— вскрыть горными выработками или скважинами и систематически опробовать все основные рудные тела, выходящие на поверхность и вскрытые скважинами (выработками) для определения из размеров и содержания в них золота;

— разведать по редкой сети (по простиранию и падению) до глубины 200—400 м отдельные, наиболее крупные и богатые по содержанию рудные тела, определяющие промышленную ценность месторождения;

— изучить морфологию и условия залегания рудных тел, вещественный состав, текстуру и структуру руд, характер распределения золота, связь его с минеральными ассоциациями и отдельными минералами;

— определить вероятную глубину распространения промышленного оруденения в пределах 500÷800 м как на основании геофизических и геохимических данных, так и путем бурения отдельных структурно-поисковых скважин;

— предварительно установить промышленные сорта руд, а при наличии нескольких сортов — закономерности их размещения на рудном поле и в рудных телах;

— отобрать малые технологические пробы (500—1000 кг) из всех сортов руд и провести их лабораторное изучение для установления предварительных схем переработки.

По результатам предварительной разведки подсчитываются запасы в основном по категории С₂. По отдельным рудным телам, детально разведанным с поверхности и на глубине, подсчитываются запасы категории С₁.

В связи с тем что в результате предварительной разведки появляется новая геологическая, геофизическая и геохимическая информация по рудному полю, уточняется его прогнозная оценка (категория Р₁). Прогнозная оценка количества золота в недрах производится в границах рудного поля на всю предполагаемую глубину распространения промышленного оруденения.

2. Рекомендуемые методы и последовательность их применения

Комплекс рекомендуемых методов и очередность их выполнения приведены в табл. 4. В процессе предварительной разведки уточ-

Таблица 4

Рекомендуемые виды работ, их очередность и основные задачи стадии предварительной разведки

Виды работ (указаны в порядке очередности выполнения)	Основные задачи		
	Уточнение геологического строения месторождения и выявление всех рудных тел, выходящих на поверхность	Прослеживание рудных тел по простиранию и их систематическое опробование	Прослеживание рудных тел по падению, выявление отдельных скрытых рудных тел, определение глубины распространения промышленного оруденения
Топографическая съемка в масштабах 1:2000—1:10 000 и топопривязка разведочных выработок в более крупном масштабе (топографическая съемка может вестись одновременно с геологической; составление планов разведочных работ и топографическая привязка разведочных выработок осуществляются в течение всего периода разведки или после завершения работ)	++	++	—
Детальная геологическая съемка в масштабах 1:2000—1:10 000	++	++	++
Наземные горные работы, используемые для создания искусственных обнажений	++	—	—
Картировочное бурение (при мощности наносов более 12 м)	++	—	—
Детализация аномалий и прослеживание рудных тел геофизическими методами	+	++	+
Разведка всех выявленных рудных тел поверхностными горными выработками (проводят с начала работ и в течение всего периода предварительной разведки)	+	++	++
Разведочное бурение	—	—	++
Разведка рудных тел подземными горными выработками (глубокие шурфы с рассечками, штольни, шахты)	+	++	++
Бурение структурно-поисковых скважин	+	—	+
Скважинные геофизические и геохимические методы поисков скрытого оруденения	—	—	+
Изучение глубинной структуры месторождения геофизическими методами	—	—	+
Отбор технологических проб и их исследование	—	++	—

Примечание. «++» — основной метод; «+» — вспомогательный; «—» — метод, как правило, не применяется.

няют геологическую карту рудного поля масштаба 1:10 000 (или 1:25 000), составленную на стадии поисково-оценочных работ. При наличии геологической карты только масштаба 1:25 000 в процессе предварительной разведки составляют геологическую карту масштаба 1:10 000 или, в случае сложного строения рудного поля — масштаба 1:5000. Непосредственно на участке расположения рудных тел при наличии сложной геологической ситуации и благоприятных перспектив месторождения производят детальную геологическую съемку в масштабе 1:2000 на инструментальной топографической основе, а также составляют планы расположения разведочных выработок и планы опробования в масштабе 1:1000 и крупнее. В зависимости от конкретных условий отдельные виды работ могут совмещаться во времени.

К задачам детальной геологической съемки рудных участков в масштабе 1:2000, выполняемой в основном по искусственным обнажениям (расчисткам, канавам, шурфам, картировочным скважинам), относятся: изучение морфологии рудных тел, установление закономерностей их пространственного размещения с учетом структурно-литологических факторов, а также изучение гидротермального изменения осадочных, метаморфических и магматических пород, всех комплексов, развитых на участке месторождения. При составлении детальных геологических карт следует применять геофизические и геохимические методы, особенно необходимые в закрытых районах, где геологическое картирование проводится при помощи картировочного бурения. Следует также использовать дешифрирование крупномасштабных аэрофотоснимков с увеличением их, в случае необходимости, до масштаба составляемой карты (1:5000—1:2000).

Детальную геофизическую съемку рудного поля в масштабе 1:2000, как правило, следует проводить на стадии поисковых работ, так же как и геохимическую (спектрозолотометрическую) съемку. На стадии предварительной разведки могут быть продолжены геофизические и геохимические работы по детализации отдельных аномалий с проверкой их горными или буровыми работами.

Основные задачи геофизических работ на стадии предварительной разведки — изучение глубинного геологического строения с целью получения данных о возможной протяженности оруденения на глубину, исследование меж- и околоскважинного пространства для уточнения данных о пространственном положении, форме, размере рудных тел и выявления новых скрытых тел.

Геохимические исследования в основном должны быть направлены на изучение первичных ореолов золота и сопутствующих элементов. Эта задача решается путем геохимического опробования рудных тел и вмещающих пород, вскрытых горными выработками или скважинами.

Наземные горные выработки (канавы, траншеи и шурфы глубиной до 10 м) проходят с целью выявления, прослеживания по простиранию и опробования рудных тел, а также создания искус-

ственных обнажений для геологического картирования. Объем горных работ зависит от мощности наносов и сложности геологического строения рудного поля.

Ориентировочно для геологического картирования предусматривают, дополнительно к естественным обнажениям, создание искусственных обнажений (расчистки, канавы, шурфы) из расчета одно естественное или искусственное обнажение на 2,5—4 см² карты заданного масштаба (1 : 2000—1 : 5000). Для вскрытия, прослеживания и опробования рудных тел в различных условиях обнаженности обычно необходимо предусмотреть проходку канав (общий объем от 1,5 до 5 тыс. м³), шурфов глубиной до 10 м (общий метраж от 1 до 1,5 тыс. м), скважин глубиной до 60 м (общий метраж от 1,5 до 3 тыс. м) на 1 км² площади рудного участка, в пределах которого размещаются рудные тела. Часто целесообразно сочетать различные виды выработок.

Для прослеживания рудных тел по падению бурятся колонковые скважины до 300 м. Число и расположение их определяются морфологическим типом рудных тел, геологическим строением рудного поля, рельефом местности и другими характеристиками. Большое значение имеет также бурение специальных структурно-поисковых скважин (ориентировочно две — пять скважин на разведваемом участке) с целью изучения глубинного строения месторождения (рудного поля), установления благоприятных условий для продолжения оруденения на глубину и, по возможности, подсечения отдельных рудных тел. С помощью структурного бурения возможно, в частности, решение таких задач, как прослеживание главнейших рудовмещающих структур, изучение ярсности в строении месторождения, выявление ограничивающих оруденение структур и т. п. Глубина структурных скважин определяется геологическими условиями месторождения и обычно должна быть не менее 300—800 м, а в отдельных случаях — 1200 м и более.

Общие объемы колонкового бурения на стадии предварительной разведки зависят от геолого-структурного типа рудного поля, геолого-промышленного типа месторождения, а также условий местности. Бурение разведочных и структурно-поисковых скважин следует сопровождать скважинными геофизическими и геохимическими исследованиями, комплекс которых определяется геологическими условиями.

Для разведки рудных тел по падению и уточнения результатов, полученных по колонковым скважинам, проходят подземные горные выработки. При наличии расчлененного рельефа, позволяющего проходить штольни, последние следует задавать друг от друга по вертикали примерно через 60—120 м. По рудному телу штольни обычно проходятся длиной не менее 100 м. Штольни и штреки, как правило, должны проходиться по рудному телу; следует избегать проходки полевых выработок. Количество штолен зависит от мощности, строения рудных тел, но обычно проходятся не более одной-двух штолен на рудном теле. Вместо коротких штолен основ-

ные рудные тела могут быть разведаны одним штольневим горизонтом, пройденным в 100—120 м от поверхности.

При слаборасчлененном рельефе местности проходят шурфы с расчестками. Шурфы должны вскрывать коренные породы не менее чем на 20—25 м. В отдельных случаях проходятся разведочные шахты глубиной 100—120 м с комплексом горизонтальных выработок из них на одном или двух горизонтах по основным рудным телам. Виды и объем работ на каждом разведваемом месторождении определяются проектом.

Из подземных выработок (или специальных колонковых скважин) отбирают и исследуют малые технологические пробы массой 500—1000 кг. Технологическое опробование должно быть проведено для всех основных типов руд. Отбор и исследование технологических проб необходимо проводить своевременно с целью получения данных о принципиальной схеме переработки руд и возможном проценте извлечения золота еще до завершения разведочных работ.

При предварительной разведке золоторудных месторождений степень детальности работ следует увеличивать постепенно, по мере накопления материалов. Выполняемые работы условно можно проводить в две очереди. В первую очередь выполняются работы, связанные с изучением поверхности месторождения и приповерхностных частей рудных тел; во вторую — производится более детальная разведка рудных тел тяжелыми горными выработками и скважинами, в том числе разведка более глубоких горизонтов месторождений.

3. Оценка месторождений по результатам предварительной разведки

По окончании предварительной разведки и получении положительных результатов для месторождения разрабатываются временные кондиции, которые служат основанием для оперативных подсчетов запасов при завершении предварительной стадии разведки и в процессе дальнейших детальных разведочных работ. Временные кондиции составляются на основании укрупненных технико-экономических расчетов (или по аналогии с известными однотипными месторождениями) и утверждаются отраслевыми министерствами.

Запасы по категории С₁ подсчитываются по отдельным систематически разведанным рудным телам до глубины, вскрытой разведочными выработками; запасы по категории С₂ — по рудным телам, разведанным с поверхности, вскрытым единичными выработками (скважинами) и прослеживающимися по геофизическим или геохимическим данным, или подвешиваются к запасам категории С₁. Глубину подсчета запасов по категории С₂ определяют в зависимости от типа золотого оруденения, геолого-структурных условий, а также наличия отдельных подсечений рудных тел в пределах рудного поля.

Прогнозные ресурсы P_1 рудного поля оцениваются на основании данных о его геологической структуре, условиях локализации промышленного золотого оруденения, его средних параметрах, степени рудоносности продуктивных структур, поведения и протяженности оруденения на глубину.

В процессе предварительной разведки необходимо получить качественную характеристику основных типов руд месторождения, для которых следует разработать рациональные технологические схемы, предусматривающие максимально возможное извлечение золота, а также определить возможность извлечения других полезных компонентов с учетом технико-экономических показателей.

По результатам предварительной разведки составляется технико-экономический доклад (ТЭД), основной вывод которого — достаточно обоснованное заключение об экономической ценности месторождения, целесообразности или нецелесообразности дальнейшей его разведки, возможных сроков начала его разработки и масштабах предприятия. В ТЭД обосновывается целесообразность проведения детальной разведки.

По крупным золоторудным месторождениям, в скорейшем освоении которых заинтересована промышленность, запасы, подсчитанные по временным кондициям, после завершения предварительной разведки следует апробировать в ГКЗ СССР.

В случае получения отрицательных результатов после проведения предварительной разведки необходимо сделать критический разбор полученных данных, провести тщательный анализ причин неподтверждения оценки прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 , определенных на стадии поисково-оценочных и поисковых работ, а также дать развернутые обоснования нецелесообразности продолжения разведки.

2.6. ДЕТАЛЬНАЯ РАЗВЕДКА

1. Целевое назначение и исходные данные для проектирования и детальной разведки

Детальная разведка месторождения — заключительная стадия геологоразведочных работ на месторождении. После ее выполнения и получения положительных результатов месторождение передается для промышленного освоения. На этой стадии определяются не только общие запасы и перспективы объекта, но и разведуются отдельные рудные тела с детальностью, обеспечивающей получение надежных исходных данных для проектирования горно-добывающего предприятия и стабильной его эксплуатации на определенный отрезок времени. Помимо геологических данных (структуре золоторудного месторождения или рудного поля, условиях залегания, морфологии рудных тел, их размерах, вещественном составе руд, характере распределения золота) в процессе детальной разведки необходимо выяснить и ряд других вопросов, касающихся горно-

технической и экономической обстановки на месторождении. К ним относятся: глубина залегания рудных тел, физические свойства вмещающих пород и руд, возможность вскрытия и обработки месторождения, гидрогеологические условия, экономика района, наличие технической и питьевой воды, строительных материалов и т. п. Детально должны быть установлены технологические свойства руд и их сортов, схемы промышленной переработки. В связи с этим к данной стадии разведки предъявляются повышенные требования, что определяет проведение большого комплекса достаточно дорогостоящих разведочных работ.

Детальная разведка золоторудного месторождения производится по согласованию с Минцветметом СССР и Госпланом СССР на месторождениях, получивших положительную оценку на предыдущей стадии и предназначенных к первоначальному промышленному освоению.

Проведение детальной разведки на объектах, получивших положительную оценку на стадии предварительной разведки, но промышленное освоение которых откладывается на длительное или неопределенное время, нецелесообразно. При наличии нескольких предварительно разведанных и положительно оцененных месторождений, расположенных в сходных геолого-экономических условиях, в первую очередь детальную разведку следует проводить на тех объектах, которые оценены по геологическим данным и экономическим расчетам, как наиболее перспективные по запасам и качеству руд и требующие наименьших удельных капиталовложений для освоения.

В районах действующих горно-рудных предприятий детальную разведку, в ряде случаев по согласованию с Минцветметом СССР следует начинать и на менее перспективных (по геологическим и экономическим условиям) объектах, но находящихся в непосредственной близости от действующего предприятия. Эти месторождения можно быстрее освоить для поддержания уровня добычи или расширения имеющегося предприятия. При наличии нескольких объектов в различных геолого-экономических условиях первоочередная детальная разведка должна проводиться на тех из них, освоение которых будет возможно в ближайшее время с наименьшими материальными и трудовыми затратами.

Разведка месторождения производится по проекту, разработанному и утвержденному в соответствии с действующей инструкцией по проектированию, планированию и финансированию геологоразведочных работ. При разработке проекта на детальную разведку необходимо проработать несколько вариантов разведки в зависимости от геологических, горно-технических и экономических факторов, а также характера рельефа местности и обнаженности района. Для проведения геологоразведочных работ следует выбирать тот вариант, который будет обеспечивать необходимую достоверность разведки при наименьших затратах средств и времени на ее производство. Если по результатам предварительной разведки месторождение однозначно оценивается как первоочередной объект

освоения с обработкой подземным способом, то по согласованию с Минцветметом СССР проект на детальную разведку желательнее разрабатывать с учетом дальнейшего использования разведочных выработок при эксплуатации. В этом случае проект вскрытия и расположения основных выработок должен быть составлен проектной организацией Минцветмета СССР или полностью согласован с ним; горноразведочные выработки проходят эксплуатационными сечениями. Совмещение детальной разведки с вскрытием и подготовкой месторождения к эксплуатации в целом может дать значительный экономический эффект за счет более быстрого его освоения.

Проектирование детальной разведки золоторудного месторождения должно проводиться на основании следующего исходного материала, полученного на предыдущих стадиях геологоразведочных работ:

— детальной геологической карты месторождения масштаба от 1 : 25 000 до 1 : 5000 в зависимости от размеров рудного поля;

— планов разведочных работ, опробования рудных тел, поперечных разрезов по месторождению и рудным телам, разведанным на глубину;

— графических материалов, отражающих основные закономерности локализации оруденения, условия залегания, морфологию рудных тел и распределение в них золота;

— данных по вещественному составу, структуре и текстуре руд, по сортам руд и результатам их технологических исследований;

— материалов подсчета запасов по категориям C_2 и C_1 , данных оценки прогнозных ресурсов P_1 и возможной глубины распространения промышленного оруденения.

В результате проведения детальной разведки на золоторудном месторождении должны быть решены следующие основные задачи:

— получено полное представление о геологической структуре рудного поля и месторождения;

— определен геолого-промышленный тип месторождения и принадлежность его к определенной группе классификации ГКЗ СССР;

— выявлены и опробованы все рудные тела как выходящие на поверхность, так и скрытые;

— установлены условия локализации золотого оруденения, морфология, условия залегания и размеры всех рудных тел;

— охарактеризован вещественный состав руд, выявлены особенности самого золота, установлены закономерности его распределения и других попутных компонентов;

— выявлено размещение в рудных телах промышленных сортов руд;

— проведены полупромышленные испытания технологических проб, установлена экономическая целесообразность извлечения золота и попутных компонентов, а также наличие и влияние вредных примесей на технологию переработки руд и получения золота;

— изучены горно-технические условия на месторождении, в пер-

вую очередь получены данные по физическим свойствам вмещающих пород и руд (крепость, вязкость, кусковатость, влажность, способность к слеживанию и налипаемость), состояние контактов рудных тел и способность пород к отслаиванию и обрушению, проявления микротектоники в рудных телах и вмещающих породах;

— выявлены особенности гидрогеологических условий месторождения (рудного поля).

Для проектирования горнорудного предприятия изучаются также климатические условия. Непосредственно на месторождении систематически в течение нескольких лет ведутся наблюдения за направлением и силой ветра, температурой воздуха, количеством осадков, глубиной промерзания и т. д.

В процессе детальной разведки изучаются все рудные тела, но с различной степенью детальности, чтобы обеспечить получение количества запасов категорий В, C_1 и C_2 в соотношениях, обеспечивающих возможность передачи месторождения для промышленного освоения (согласно с нормативами классификации запасов). Запасы категорий В и C_1 получают, как правило, путем перевода из запасов категории C_2 , но по новым рудным телам возможно получение их путем непосредственной разведки тел, оцененных по категории P_1 .

Детальная разведка проводится последовательно. Первоначально наиболее детально разведывают участки, которые по своим геологическим, горно-техническим и экономическим условиям будут введены в первоочередную эксплуатацию. Проектирование работ и разведка новых месторождений проводятся с обязательным учетом предполагаемого способа добычи. В зависимости от способа добычи выбираются те или другие типы разведочных выработок, при этом необходимо учитывать ряд обстоятельств.

Так, при открытом способе добычи пройденные горные выработки не используются и поэтому их расположение (и сечение) должно обеспечивать решение только задач, связанных с разведкой месторождения. В подобных случаях, по возможности, следует использовать бурение, причем плотность сети должна обеспечить надежное проведение последующих эксплуатационных работ.

При подземном способе добычи необходимо максимально использовать горноразведочные выработки, проходка которых должна осуществляться с учетом эксплуатационных целей (соответствующие сечения, система вскрытия, проветривание и т. п.).

Разведка месторождений, разрабатываемых открытым способом, проводится в пределах карьера и до глубины возможной его отработки. При наличии нескольких очередей карьера возможна и поочередная разведка запасов.

Глубина разведки месторождений, обрабатываемых подземным способом, обычно составляет 400—600 м. Более глубокие горизонты оцениваются одиночными скважинами или редкой сетью скважин с применением геофизических и геохимических методов; подсчет запасов ведется до категории C_2 , подсчитываются также прогнозные ресурсы категории P_1 .

При детальной разведке золоторудных месторождений обязательно выполнение работ по выяснению надежности применяемых методов опробования и способов бурения (если бурение используется в значительных объемах при разведке). Для каждого способа бурения (алмазного, дробового, ударного, шарошечного и др.) должны быть получены материалы, обосновывающие достоверность их результатов. Обычно сопоставляются и сравниваются фактические данные, полученные по скважинам и горным выработкам. Объемы работ по сопоставлению должны быть достаточными для надежного установления наличия или отсутствия систематических расхождений (ошибок). Достоверность результатов бурения наклонных и вертикальных скважин повышается, если она контролируется каротажными работами и другими методами скважинной геофизики, по результатам которых может быть уточнено положение контактов, мощность рудных тел, а также положение рудных тел и структурных элементов в пространстве.

Как исключение, в ряде случаев заверка одного вида бурения может быть произведена другим видом бурения, являющимся заведомо более представительным, однако подобная заверка не предусмотрена инструкциями ГКЗ СССР.

При бурении скважин глубиной более 100 м необходимо систематически определять положение забоя в пространстве путем замера азимутальных и зенитных углов. Полученные данные должны обязательно учитываться при построении геологических графических материалов (карт, разрезов и т. п.).

2. Оценка месторождений по результатам детальной разведки

По результатам детальной разведки подсчитываются разведанные запасы золота, на базе которых осуществляется проектирование, строительство или реконструкция горнодобывающих предприятий, а запасы утверждаются в ГКЗ СССР или ТКЗ. По результатам детальной разведки, а для эксплуатируемых месторождений по данным разведки и материалам эксплуатационных работ разрабатываются постоянные кондиции, на основании которых производится подсчет запасов по окончании детальной разведки. Техничко-экономическое обоснование (ТЭО) кондиций разрабатывается отраслевыми проектными или специализированными научно-исследовательскими институтами по поручению организаций, ведущих геологоразведочные работы. ТЭО кондиций могут быть разработаны и геолого-экономическими подразделениями организаций, выполняющих разведочные работы.

Постоянные кондиции подлежат утверждению в ГКЗ СССР или Минцветмете СССР для месторождений, запасы по которым утверждаются в ТКЗ. Все вопросы, связанные с разработкой и утверждением ТЭО кондиций регламентируются «Инструкцией о содержании и порядке представления на утверждение и порядке представления на утверждение в Государственную комиссию по запасам

полезных ископаемых при Совете Министров СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых» [13].

Материалы по подсчету запасов представляются на рассмотрение в ГКЗ СССР производственно-геологическими объединениями, а по объектам народнохозяйственного плана — союзными или республиканскими министерствами. До представления материалов в ГКЗ СССР рекомендуется направлять отчеты для апробации в научно-исследовательские организации (ЦНИГРИ).

Для подсчета запасов составляются графические и табличные материалы, необходимые для обоснования и проверки подсчета и проектирования горно-добывающего предприятия, и объяснительная записка (текст отчета), содержащая все сведения о разведанном месторождении, проведенных работах, степени подготовленности месторождения для промышленного освоения, а также материалы, подтверждающие достоверность выполненных разведочных работ и выбранных подсчетных параметров.

Текст отчета, представляемого в ГКЗ СССР, рекомендуется составлять по следующей схеме.

Введение.

Общие сведения о месторождении.

Геологическое строение района и месторождения.

Объем, методика и качество проведенных работ.

Качественная и технологическая характеристика руд месторождения.

Попутные полезные ископаемые и ценные компоненты.

Гидрогеологические условия на месторождении.

Горно-технические условия.

Подсчет запасов.

Подготовленность месторождения к промышленному освоению.

Эффективность геологоразведочных работ.

Геолого-экономическая оценка объекта.

Заключение.

Объем каждого раздела и полнота изложения зависят от их значимости для геолого-промышленной оценки месторождения, степени сложности объекта, целей и характера проведенных работ и исследований. Графические материалы должны быть представлены в минимальном объеме, но отражать результаты геологоразведочных работ, геологическое строение района и месторождения, морфологию и внутреннее строение рудных тел, распределение золота и других ценных компонентов, размещение запасов, гидрогеологические и горно-геологические особенности месторождения.

Более детально эти вопросы рассматриваются в «Инструкции о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР и территориальные комиссии по запасам полезных ископаемых материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», которой следует руководствоваться [12].

Геологический отчет о разведочных работах на месторождении с подсчетом запасов, после утверждения их в ГКЗ СССР, первичная геологическая и техническая документация и другие необходимые для проектирования материалы передаются по акту промышленности в соответствии с «Положением о порядке передачи разведанных месторождений полезных ископаемых для промышленного освоения», утвержденным Мингео СССР.

Если в результате детальной разведки золоторудного месторождения будут получены отрицательные результаты, необходимо проанализировать причины неподтверждения количества или качества запасов категорий C_1 , C_2 и прогнозных ресурсов R_1 , послуживших обоснованием для проведения детальной разведки объекта.

Для ускорения ввода в эксплуатацию месторождений, повышения эффективности использования разведочных выработок при эксплуатации в настоящее время разработано «Положение о порядке совмещения детальной разведки со вскрытием и подготовкой месторождений твердых полезных ископаемых к разработке», согласованное с Госпланом СССР, Минцветметом СССР и рядом других министерств и утвержденное Мингео СССР. Ввиду важной народнохозяйственной значимости этого положения приведем основные его требования.

1. Положение распространяется на месторождения, имеющие важное народнохозяйственное значение и подлежащие первоочередному промышленному освоению, а также на фланги и глубокие горизонты разрабатываемых месторождений, детальная разведка которых связана со значительными затратами на проходку подземных горных выработок*.

2. Целесообразность совмещения детальной разведки со вскрытием и подготовкой месторождений к разработке устанавливается соответствующим технико-экономическим обоснованием, которое подготавливается по результатам предварительной разведки проектными институтами горно-добывающих министерств и утверждается в установленном порядке.

3. При финансировании детальной разведки, совмещаемой со вскрытием и подготовкой месторождений к разработке, за счет средств госбюджета затраты на приобретение оборудования, связанного с проходкой шахт и других капитальных выработок, в смету на разведку месторождения не включаются и финансируются за счет средств государственных капитальных вложений как приобретение оборудования, не входящего в смету строок.

4. На проведение указанных работ составляется проект, состоящий из следующих разделов:

— единой геолого-методической части, обеспечивающей увязку геологоразведочных работ с системой вскрытия и освоения место-

рождения с целью максимально возможного использования разведочных выработок в процессе последующей разработки;

— технической части на проведение геологоразведочных работ и сметы на финансирование этих работ по расценкам СУСНа за счет средств госбюджета;

— технической части на проходку шахт и других выработок эксплуатационного сечения, строительство зданий и сооружений, подъездных путей, линий электропередач и других объектов, связанных с детальной разведкой, совмещаемой со вскрытием и подготовкой месторождений к разработке, и смет на финансирование этих работ по расценкам Госстроя СССР на капитальное строительство за счет средств госбюджета и капвложений.

5. Разработка указанных проектов в части методики технологии ведения разведочных работ возлагается на геологические организации, а в части определения системы вскрытия и освоения месторождения, проходки шахт и других выработок эксплуатационного сечения, строительства зданий, сооружений, подъездных путей, линий электропередач и других объектов, связанных со вскрытием и разработкой месторождений, — на проектные институты или другие специализированные организации горно-добывающих министерств.

Составление проектов детальной разведки, совмещаемой со вскрытием и подготовкой месторождений к разработке, включается в планы капитального строительства и геологоразведочных работ соответствующих организаций министерств.

6. Проект на проведение детальной разведки, совмещаемой со вскрытием и подготовкой месторождения к разработке, помимо материалов, предусмотренных Инструкцией по проектированию геологоразведочных работ, утвержденной приказом Министерства геологии СССР от 29.01.75 № 36, должен предусматривать:

— увязку сети выработок детальной разведки (подземных горных выработок, скважин и пр.) со схемой вскрытия и подготовки запасов к отработке с учетом максимального использования разведочных выработок при освоении месторождений;

— строительство коммуникаций зданий, сооружений, необходимых для детальной разведки, с учетом вскрытия месторождения и подготовки его к разработке;

— гидрогеологические, инженерно-геологические, природоохранные и необходимые изыскательские работы, связанные с проектированием и вскрытием месторождения.

7. Проведение детальной разведки месторождения, совмещаемой со вскрытием и подготовкой месторождения к разработке, возлагается на геологоразведочную организацию системы Министерства геологии СССР или соответствующую организацию горно-добывающего министерства.

Проходка шахт и других капитальных горных выработок, а также строительство зданий и сооружений, связанных с разработкой месторождения, осуществляются, как правило, специализированными организациями и горно-добывающими предприятиями на

* Разведка месторождений, не намечаемых к освоению в перспективном периоде, требующая проведения подземных горных работ в больших объемах, как правило, должна завершаться предварительной стадией.

договорных началах с организацией, на которую возложено финансирование указанных работ.

8. Шахты и другие горные выработки эксплуатационного сечения, разведочные горные выработки, здания и сооружения, а также геологические материалы и иная документация по месторождению должны быть переданы в 6-месячный срок после утверждения запасов в ГКЗ СССР с баланса организации, осуществлявшей разведку, на баланс предприятия, которое будет осуществлять разработку данного месторождения.

Порядок передачи указанных объектов с баланса на баланс, описания затрат на геологоразведочные работы при детальной разведке, совмещаемой со вскрытием месторождений и подготовкой их к разработке, оценки остаточной балансовой стоимости передаваемых основных фондов, финансирования затрат на поддержание их в рабочем состоянии или на консервацию на период до ввода их в постоянную эксплуатацию определяются действующими инструкциями.

Глава 3

РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ С РУДНЫМИ ТЕЛАМИ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Морфология рудных тел, условия их залегания и степень изменчивости оруденения определяют особенности разведки золоторудных месторождений. Применяемые виды разведочных выработок, способы их расположения и плотность разведочной сети зависят от особенностей каждого месторождения с рудными телами различных морфологических типов.

Рекомендации по методике разведки золоторудных месторождений на различных стадиях даны в соответствии с требованиями ГКЗ СССР к параметрам разведочных сетей различных групп месторождений (рудных тел) с учетом их размеров и изменчивости оруденения.

Однако зная, что эти параметры являются ориентировочными, а не обязательными (что оговаривается в инструкции ГКЗ СССР), для каждого из типов даются рекомендации о наиболее рациональной разведочной сети для месторождений с различной степенью изменчивости морфологии рудных тел и содержаний в них золота. Окончательный выбор плотности разведочной сети должен производиться с учетом геологических особенностей каждого разведываемого месторождения (рудного поля) путем определения плотности одним из ранее указанных способов (сгущения и разрежения сети, сравнения данных разведки и эксплуатации и др.).

3.1. РАЗВЕДКА ЖИЛ И ЖИЛОБРАЗНЫХ ТЕЛ

Жильный тип весьма характерен для золоторудных месторождений. Эти месторождения представлены очень разнообразными по строению объектами, которые различаются количеством жил, их размерами, сложностью строения и взаимным расположением.

По размерам жилы делятся на четыре группы: весьма крупные (протяженные) — длиной более 1000 м; крупные — от 300 до 1000 м; средние — 100—300 м; небольшие (короткие) — менее 100 м. Весьма различна и мощность жил (от первых сантиметров до 4 м). В отдельных раздувах мощности жил могут достигать первых десятков метров (10—20).

Основные жильные месторождения рудного золота могут быть представлены: 1) одной протяженной или несколькими достаточно разобщенными жилами, являющимися самостоятельными объектами разведки; 2) одной или несколькими основными жилами большой протяженности и сопряженным с ними значительным количеством наиболее обогащенных золотом небольших по протяженности жил (апофиз); 3) большим количеством сравнительно корот-

ких жил (параллельных или ориентированных в разных направлениях по простиранию или падению); жилы приурочены к нескольким основным направлениям трещин, причем, как правило, лишь некоторые отдельные жилы или небольшая их часть промышленные; 4) системой коротких жил, расположенных друг за другом по простиранию или кулисообразно, приуроченных к одному разлому; фактически это маломощная жильная зона, но требующая разведки как единое жильное тело сложного внутреннего строения.

Методика разведки отдельных рудных тел в каждом из выделенных типов схожа. Однако подход к разведке месторождения (рудного поля) в целом и создание разведочной системы на каждом из объектов требует обязательного учета особенностей возможного взаимного расположения рудных тел. При наличии нескольких систем жильных тел и большом их количестве система разведочных работ должна обеспечивать выявление всех рудных тел и наиболее экономичную их разведку.

Выявление всех или большинства рудных тел в пределах рудного поля (месторождения) в основном осуществляется на стадии поисково-оценочных работ и продолжается на стадии предварительной, а в ряде случаев и детальной разведки с учетом установленных закономерностей их пространственного размещения. Закономерности пространственного размещения жил, а также приуроченность их к определенным структурным элементам должны быть в основном выяснены уже на стадии поисково-оценочных работ. Только в этом случае возможна эффективная их разведка на последующих стадиях геологоразведочного процесса.

Для выявления жил в зависимости от конкретных геологических условий на разведываемом объекте используются геофизические и геохимические методы, проходятся поверхностные горные выработки (канавы, шурфы), а также бурятся картировочно-поисковые скважины. Большое значение имеют магистральные канавы, которые на месторождениях с многочисленными жильными телами должны задаваться по достаточно плотной сети. Для поисков скрытых рудных тел необходимо широко использовать бурение наземных и подземных скважин (горизонтальных или наклонных) и проходку квершлагов значительной протяженности, пересекающих основные структуры рудного поля или месторождения. Система разведочных выработок при разведке месторождений с большим количеством жил должна быть такой, чтобы из одного штрека можно было разведывать квершлагами или горизонтальными скважинами ближайшие параллельные рудные тела.

Для эффективного проведения разведочных работ скважины и горные выработки следует располагать таким образом, чтобы с их помощью можно было одновременно решить поисковые и разведочные задачи. Вместе с тем не исключается проходка выработок чисто поискового назначения. Выявленные жилы на стадии поисково-оценочных работ прослеживаются по простиранию геофизическими методами и вскрываются по редкой сети в зависимости от мощности наносов канавами, траншеями или глубокими шурфами.

Жилы значительной протяженности (более 300 м) могут вскрываться через 40—80 м, более короткие — через 20—40 м.

Для уточнения условий залегания рудных тел, обоснования прогнозной оценки изучаемого участка наиболее перспективные и крупные жилы вскрываются отдельными скважинами до глубины порядка 150 м.

На стадии предварительной разведки основными задачами являются: установление основных закономерностей оруденения; предварительная оценка всех жил; разведка на глубину наиболее перспективных жил. На данной стадии очень важно наиболее полно изучить жилы с поверхности, чтобы дать надежную промышленную оценку каждому рудному телу и месторождению (рудному полю) в целом.

Рудные тела, получившие положительную оценку (на предыдущей стадии или в процессе предварительной разведки), разведываются канавами через 10—20 м, пройденными вкrest простирания жилы, а при небольшой мощности — траншеями по простиранию, позволяющими изучить и опробовать жильные тела на всем протяжении.

При большой мощности наносов или необходимости изучения жил в ненарушенном состоянии на глубине должны проходиться шурфы с рассечками, что весьма важно для выяснения вопроса об обогащении или обеднении золотом поверхностной зоны. Шурфы должны быть глубже границы коренных пород с наносами на 8—10 м; они располагаются в створе с канавами, но не чаще чем через 40 м по простиранию. Для вскрытия жил значительной мощности из шурфов проходятся короткие рассечки вкrest простирания, а для прослеживания маломощных жильных тел и установления сплошности рудных тел значительной мощности — рассечки по простиранию в обе стороны с целью более детального изучения и опробования жил.

По падению жилы разведываются скважинами, которые располагают по разведочным линиям, обязательно в тех же разрезах, где пройдены канавы и шурфы. Расстояние между линиями должно быть 80—120 м, а на жилах средней длины и коротких — 40—80 м. Скважины в линиях проходятся таким образом, чтобы жилы были подсечены на глубинах 60—80 и 120—150 м (рис. 1). Наиболее перспективные жилы разбуриваются до глубины 600 м по более редкой сети. Такие скважины дают возможность установить глубину распространения промышленного оруденения и получить информацию для более правильной оценки месторождения (рудного поля) в целом.

При благоприятном рельефе местности вместо шурфов и скважин могут проходиться штольни. Первый штольневой горизонт, как правило, располагается на глубине 50—60 м, а следующие — через 80—120 м. Как правило, проходится не больше двух штольневых горизонтов и только по основным рудным телам.

На месторождениях со сложной морфологией жил, крайне неравномерным распределением золота и прерывистым промышлен-

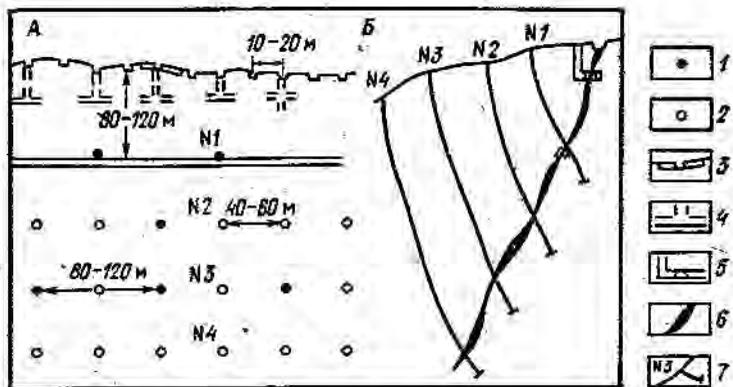


Рис. 1. Схема разведки маломощной жилы.

А — проекция жилы на вертикальную плоскость; Б — вертикальный разрез; скважины: 1 — первой очереди, 2 — второй очереди; 3 — каналы; 4 — шурфы с рассечками; 5 — штрек по жиле; 6 — жила; 7 — разведочные скважины

ным оруденением проходятся также подземные горные выработки (штольни, шахты с квершлагами и штреками) по наиболее крупным рудным телам, однако горизонтов и в этом случае не должно быть более двух.

В процессе детальной разведки все рудные тела разведываются горными выработками на одном-двух горизонтах в зависимости от принадлежности месторождений к той или иной группе (по классификации ГКЗ СССР); сложные по строению жилы при необходимости разведываются и на большем количестве горизонтов.

При расчлененном рельефе для этих целей используются штольни. Если рельеф нерасчлененный, проходится шахта глубиной 80—120 м. В случае необходимости шахта углубляется. На каждом горизонте рудные тела малой мощности изучаются штреками, а значительной — штреками и рассечками из них. При наличии близлежащих параллельных жил одна из них или несколько разведываются штреками, а остальные — рассечками, пройденными из этого штрека. Вместо рассечек могут использоваться горизонтальные или наклонные скважины, которые бурят из штрека по одной из параллельных жил.

При разведке жил значительной мощности и параллельно расположенных жил расстояние между рассечками не должно превышать 20 м (рис. 2).

При наличии жил сложного строения из отдельных рассечек проходятся штреки длиной 5—10 м по простиранию жилы в обе стороны. В этом случае проходка рассечек через 10—20 м (на маломощных жилах) не обязательна и расстояние между ними может быть увеличено до 60 м.

Для более детального изучения рудных тел (разведки запасов категории В) и проверки сплошности золотого оруденения по падению из штреков проходятся восстающие. Количество восстающих зависит от размеров рудных тел и сложности их строения. Восста-

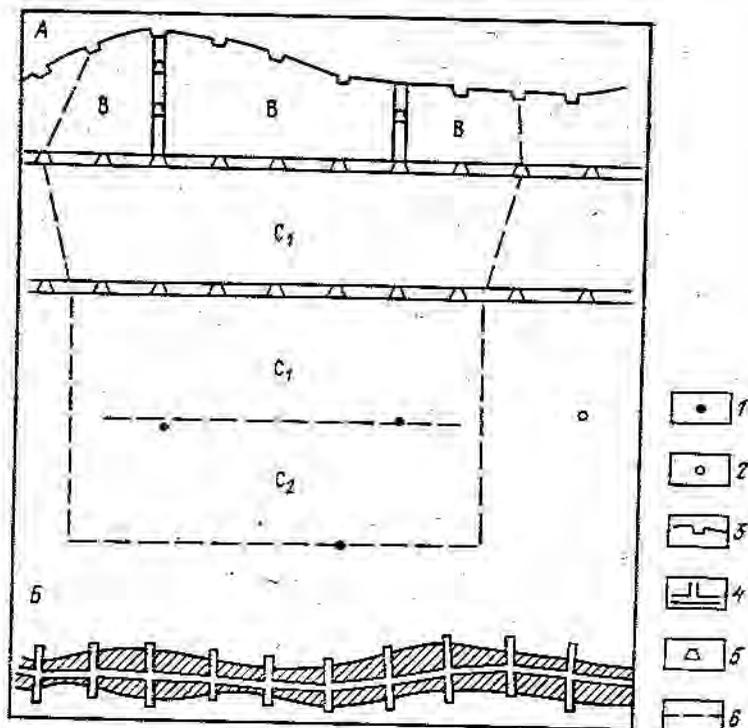


Рис. 2. Схема разведки мощной жилы.

А — проекция жилы на вертикальную плоскость; Б — план шахтного горизонта; скважинные пересечения: 1 — балансовые, 2 — забалансовые; горные выработки: 3 — каналы, 4 — штреки и восстающие, 5 — рассечки; 6 — контур подсчитанных запасов

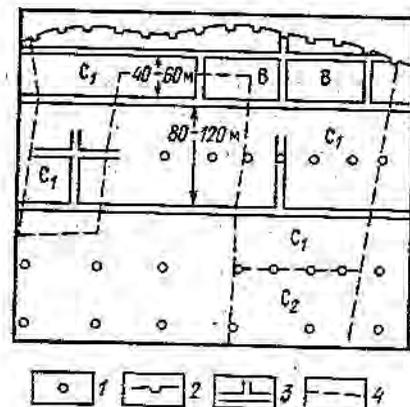


Рис. 3. Схема разведки жилы скважинами и штреками из восстающих с промежуточного горизонта.

1 — скважины; 2 — каналы; 3 — горные выработки; 4 — контур подсчитанных запасов

ющие, как правило, проходятся не чаще, чем через 80—120 м при протяженных жилах и не более одного-двух восстающих в случае коротких жил или рудных столбов. Если жилы характеризуются выдержанным оруденением, можно ограничиться проходкой единичных восстающих на каждом горизонте.

Ниже последнего горизонта горных работ и на флангах жилы разведуются бурением (см. рис. 1, рис. 3).

Пологозалегающие жилы с поверхности разведуются также канавами и шурфами, а по падению — вертикальными скважинами. Разведка осуществляется скважинами по квадратной сети 80×80 м с последующим сгущением 40×40 м. На стадии детальной разведки пологозалегающих жил при сложном строении рудных тел и неравномерном распределении золота, как и в случае крутопадающих жил, на отдельных горизонтах проходятся штреки.

Если месторождение представлено системой коротких жил, приуроченных к одному разлому и расположенных прямо по простиранию друг за другом или кулисообразно, зоны разведываются по указанным схемам в целом как единое рудное тело, особенно на стадиях предварительной разведки. Учитывая большое разнообразие в строении жильных золоторудных месторождений, возможны отступления от указанных схем разведки, так как необходим индивидуальный подход к каждому объекту в зависимости от его геологического строения.

Рассмотрим общие особенности методики разведки жильных месторождений, положив в основу наиболее часто встречающиеся геологические ситуации.

Для разведки жил с рудными столбами, имеющими пологое склонение или близгоризонтальное залегание, необходимо более широко использовать восстающие (вплоть до создания разведочной системы), так как горизонтальные выработки не позволяют надежно проследить и оконтурить обогащенные участки (рудные столбы). При наличии по простиранию жилы одного или нескольких рудных столбов небольшой длины, разделенных значительными по протяженности участками непромышленного оруденения, резко снижается экономическая эффективность разведки горизонтальными выработками. В этих условиях целесообразно проходить основные разведочные горизонты с большим расстоянием по вертикали (в два раза), а рудные столбы на промежуточных горизонтах разведывать короткими штреками из восстающих, пройденных в центральной части столба, или скважинами, пробуренными по более густой сети в пределах рудного столба (см. рис. 3).

Увеличение расстояния между горизонтами с разбуриванием промежуточного горизонта возможно и при разведке протяженных жил с относительно выдержанным оруденением.

На месторождениях с большим количеством рудных тел при детальной разведке нет необходимости разведывать по указанным схемам все рудные тела. По схемам разведуются только основные рудные тела, определяющие промышленную значимость месторождения, а остальные разведуются с поверхности канавами, а на глубину только бурением в основном по категории C_2 .

Возможность использования бурения для разведки жильных золоторудных месторождений определяется представительностью данных, получаемых по скважинам. Как правило, жильные рудные тела характеризуются неравномерным или весьма неравномерным

распределением золота. Причем на многих месторождениях лишь небольшое количество проб (от 5 до 20 %) определяет промышленную ценность руд, остальные пробы часто показывают непромышленное содержание. В этих условиях данные о содержании золота в точке пересечения рудного тела скважиной — случайные, и чаще имеют низкие значения. Только достаточно большое число проб (пересечений) может относительно надежно характеризовать содержание золота в рудном теле. Исходя из этого, разведку жильных тел скважинами следует проводить крупными блоками таким образом, чтобы количество пересечений в подсчетном блоке было не менее 10.

Для этих же целей следует применять многозабойное бурение с отклонением ствола скважины на различных уровнях. Это дает возможность получать в каждой точке несколько пересечений, позволяющих более надежно установить содержание, а при значительных отклонениях стволов скважин создать относительно равномерную и достаточно густую сеть разведочных пересечений.

На надежность полученных содержаний золота влияет и избирательное истирание керна. Опыт разведки жильных месторождений показывает, что в подавляющем большинстве случаев из-за избирательного истирания керна содержания золота занижаются.

При разведке рудных тел незначительной мощности дробление керна и низкий его выход искажают (уменьшают) мощность рудного тела, а иногда и вообще не позволяют обнаружить жилу.

Все это делает весьма актуальным вопрос о необходимости тщательной заверки данных бурения данными проходки горных выработок. Заверка результатов бурения на жильных золоторудных месторождениях должна осуществляться уже на стадии предварительной разведки, что дает возможность как на этой стадии, так и на стадии детальной разведки широко использовать бурение.

3.2. РАЗВЕДКА ЖИЛЬНЫХ И МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗОН

Методика разведки месторождений с рудными телами типа жильных и минерализованных зон в общем однотипна, так как они образуют линейно-вытянутые рудные тела значительной мощности (от 5 до 50 м и более), которые обычно приурочены к крупным тектоническим нарушениям. Различия в методике разведки определяются главным образом неодинаковой сложностью внутреннего строения жильных и минерализованных зон, что влияет лишь на плотность разведочной сети и применяемые виды разведочных выработок.

В пределах рудных полей этих золоторудных месторождений обычно наблюдаются одно или несколько параллельных или расположенных друг за другом на нескольких уровнях рудных тел большой протяженности, причем минерализованным зонам более присущи одиночные рудные тела. Характерные особенности месторождений с рудными телами типа жильных и минерализованных зон — относительно выдержанная мощность и прямолинейность

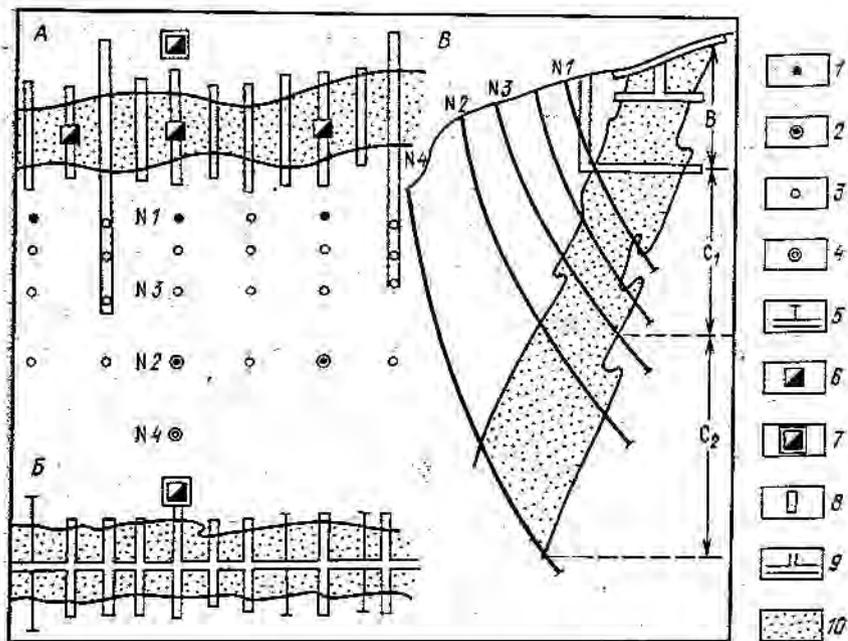


Рис. 4. Схема разведки жильных и минерализованных зон.

А — план поверхности; Б — план шахтного горизонта; В — вертикальный разрез; скважины предварительной разведки: 1 — до 100 м, 2 — до 300 м; скважины: 3 — детальной разведки, 4 — структурные, 5 — горизонтальные; 6 — шурфы; 7 — шахта; 8 — канавы; 9 — штрек с рассечками; 10 — рудная зона

внешнего контура зон при весьма сложном внутреннем строении, что и определяет методику их разведки и опробования. Рудоносные зоны, как правило, довольно надежно выявляются и прослеживаются на стадии поисково-оценочных работ при вскрытии их канавами через 80—120 м (а при небольшой длине рудных тел — через 40—80 м) или одиночными скважинами глубиной 60—100 м при расположении разведочных линий через 80—120 м.

На стадии предварительной разведки сеть разведочных канав сгущается до 20, иногда 40 м, а в минерализованных зонах большой мощности и протяженности в ряде случаев и до 80 м. Детальная разведка проводится шурфами (глубиной 25—30 м) с рассечками из штреков, пройденных по рудному телу на одном, реже двух горизонтах. Расстояния между шурфами не должны быть меньше 80—120 м, а между горизонтами колеблются от 40 до 120 м в зависимости от сложности строения зон.

Расстояния между рассечками на жильных зонах 20—40 м, а на минерализованных зонах 40—60 м (рис. 4). На глубину разведка ведется скважинами по относительно редкой сети до глубины порядка 200—250 м, а при получении положительных результатов до глубины 500—800 м.

В процессе детальной разведки делаются дополнительные рассечки через 10—20 м (через 20—40 м на минерализованных зонах),

из ранее пройденных штреков. На сложных по строению месторождениях проходятся дополнительные горизонты через 40—50 м по вертикали. Число разведочных горизонтов на сложных месторождениях может быть различным. Оно зависит от сложности строения зон и необходимого количества запасов высоких категорий. Обычно проходит не менее трех-четырех горизонтов по жильным зонам и двух-четырех горизонтов по минерализованным зонам. Ниже горных горизонтов на всех месторождениях разведку проводят бурением. Скважины бурят по сетке с интервалами 40—60 м по простиранию и падению, причем глубина разведки может быть значительной (500—800 м), так как эти месторождения нередко имеют большой вертикальный размах промышленного золотого оруденения. Для оценки глубины распространения промышленного оруденения бурят также отдельные структурно-поисковые скважины (1200—1500 м).

Минерализованные зоны с относительно простым строением могут быть полностью разведаны бурением. Подземные выработки в этом случае используются только для заверки данных бурения. С этой целью на наиболее характерном участке месторождения (рудного тела) проходит один горизонт горизонтальных выработок с восстающими (или гезенками), причем он не обязательно должен вскрывать рудное тело на всем протяжении по простиранию.

С целью повышения эффективности разведочных работ на этих месторождениях целесообразно шире использовать бурение горизонтальных скважин из основного штрека, которые заменяют разведочные рассечки как на стадии предварительной, так и на стадии детальной разведки. Успешное применение бурения в данном случае обусловлено значительной мощностью рудных тел и относительно равномерным распределением оруденения (минерализованные зоны). В жильных зонах бурение не всегда позволяет получить надежные результаты, так как не удается изучить внутреннее строение зоны, хотя в целом жильная зона прослеживается достаточно надежно. На многих подобных месторождениях наблюдается значительное занижение содержания золота по данным бурения, что также обуславливает необходимость обязательной заверки данных бурения данными проходки горных выработок.

Низкое содержание золота в рудах минерализованных зон, крайне неравномерное распределение золота в жильных зонах, а также отсутствие четких геологических границ рудных тел — все это требует повышенного внимания к опробованию горных выработок.

Опробование рассечек ведется секционными бороздами. В жильных зонах отдельно опробуются вмещающие породы, окварцованные породы и кварцевые жилы. Минерализованные зоны опробуются секционно в целом на всю мощность. Только при наличии мощных кварцевых жил внутри зоны жилы опробуются самостоятельно.

Восстающие используются главным образом для проверки сплошности оруденения, прослеживания обогащенных участков (рудных столбов), увязки рудных тел между горизонтами. Только на сложных по внутреннему строению жильных зонах с крайне неравномерным распределением золота и реже в пределах минерализованных зон проходят восстающие с рассечками по относительно плотной сети (восстающие через 80—120 м и рассечки через 10—20 м по вертикали).

Методика, применяемая при разведке жильных и минерализованных зон, используется и при разведке месторождений, рудные тела которых представлены дайками значительной мощности. По характеру оруденения эти месторождения подразделяются на две группы: дайки, в которых оруденение приурочено к кварцевым лестничным жилам, неравномерно распределенным в теле дайки; дайки с прожилково-вкрапленным, относительно равномерным оруденением.

Дайки первой группы в основном разведываются штреками с отдельными рассечками (ортами), по которым определяется мощность дайки. Расстояние между ортами может быть принято 40—60 м, при этом каждая отдельная лестничная жила не прослеживается по простиранию ортами или штреками. Дайки второй группы разведываются наклонными или горизонтальными скважинами, и лишь один опорный горизонт разведывается штреком с рассечками или рассечками, ориентированными вкrest простирания дайки.

3.3. РАЗВЕДКА ШТОКВЕРКОВЫХ ТЕЛ

Золоторудные месторождения типа штокверков характеризуются крупными размерами рудных тел. В пределах рудного поля обычно имеется только одно рудное тело. Реже встречаются месторождения с несколькими сравнительно небольшими телами. Так же, как и жильным и минерализованным зонам, штокверкам свойственно отсутствие геологических границ. Границы рудных тел определяются только по данным опробования. Форма рудных тел на штокверковых месторождениях может быть удлиненной, изометричной или линзовидной, но во всех случаях из-за значительных размеров их понятие мощности к ним не применимо.

Большие размеры рудных тел позволяют уже на стадии поисково-оценочных работ при проходке магистральных канав (по редкой сети) надежно оконтурить штокверк и с помощью небольших канав, проходимых через 40—80 м на участках с промышленным оруденением, дать промышленную оценку. Предварительная разведка осуществляется бурением. На жильных штокверках, когда его внутреннее строение определяется наличием золотоносных кварцевых жил близкого направления (обычно крутопадающих), разведку следует проводить наклонными скважинами, расположенными по профилям с расстояниями между ними 80—120 м, а между скважинами в профилях 40—60 м (рис. 5).

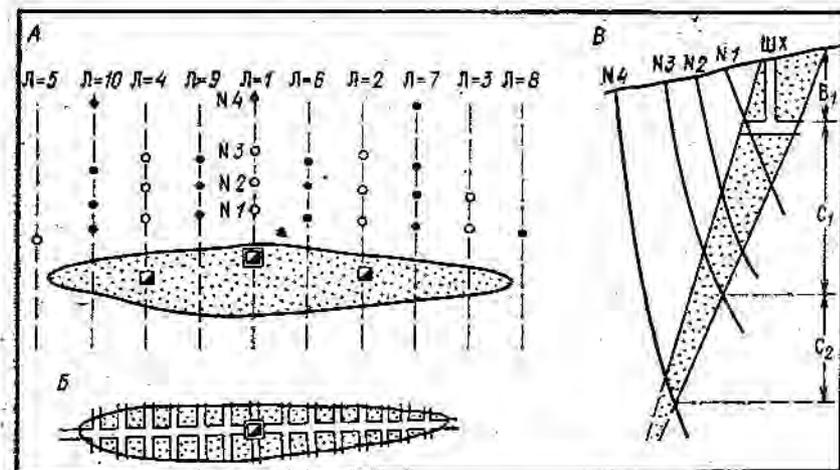


Рис. 5. Схема разведки крутопадающих линзовидных рудных тел большой мощности.

А — план поверхности; Б — план шахтного горизонта; В — вертикальный разрез по разведочной линии Л-1; скважины: 1 — предварительной разведки, 2 — детальной разведки, 3 — шурфы глубиной 25—30 м; 4 — шахта глубиной 60—80 м; 5 — штреки и кварцлагги; 6 — рудное тело

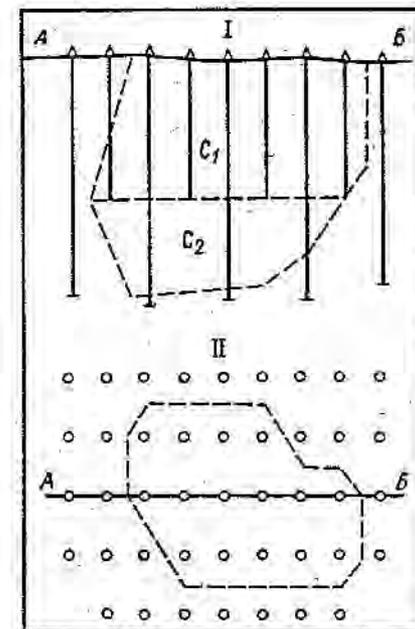


Рис. 6. Схема предварительной разведки крупного штокверка вертикальными скважинами.

I — вертикальный разрез через штокверк по разведочной линии А-Б; II — план расположения разведочных скважин

При тонкопрожилковом характере штокверкового оруденения, представленным относительно равномерной системой прожилков разного направления, разведка производится вертикальными скважинами, расположенными по сетке, плотность которой определяется главным образом размерами штокверка, но не должна быть

гуще, чем $(100 \div 120) \times (100 \div 120)$ м (рис. 6). Глубина предварительной разведки скважинами в профилях или по сетке не должна превышать 560 м, на большую глубину бурятся лишь отдельные скважины для определения вертикального размаха промышленного оруденения. Подземные горные выработки при предварительной разведке, как правило, не проходятся, так как с помощью бурения можно решить практически все геологические задачи.

Детальная разведка штокверковых месторождений золота обоих типов производится горными выработками на одном-двух горизонтах, расположенных через 60—80 м по вертикали. Квершлагаи проходятся через 80—120 м и располагаются в створе со скважинами. Относительно небольшие рудные тела разведываются по вертикали через 40 м при расстояниях между квершлагами 20—40 м. Ниже горизонтов горных работ рудные тела разведываются при помощи бурения. На жильных штокверках проходятся дополнительные профили скважин и расстояния между скважинами доводятся до 40—80 м, с интервалами между скважинами 40—60 м. На штокверках тонкопрожилкового типа скважины проходятся по сетке 60×80 или 80×120 м. Глубина разведки скважинами 600—800 м, отдельные скважины бурят до глубин 1000—1500 м. При большом вертикальном размахе оруденения единичные скважины необходимо бурить до глубины распространения промышленного оруденения.

На этих золоторудных месторождениях, а также на месторождениях с рудными телами типа жильных и минерализованных зон, отработка которых будет осуществляться открытым способом, глубина детальной разведки ограничивается глубиной карьера. Разведка ниже карьера производится лишь в том случае, если глубокие горизонты могут быть отработаны подземным способом.

Штокверковые месторождения (особенно тонкопрожилковые) — благоприятные объекты для бурения. Практика разведки таких месторождений показала, что по керну надежно определяется содержание золота, даже в сложных горно-технических условиях при низком выходе керна. На одном из месторождений уже при выходе керна более 10 % получали надежные данные опробования. Хорошие результаты установлены при разведке скважинами шарошечного и ударно-механического бурения. Поэтому при бурении вертикальных скважин можно использовать колонковое, ударно-механическое или шарошечное бурение, но предварительно обязательно проведение опытных работ для выбора оптимального способа бурения.

Ввиду крупных размеров рудных тел, надежной промышленной оценки штокверковых месторождений и минерализованных жильных зон уже на стадии поисково-оценочных работ или в самые начальные периоды предварительной разведки на положительно-оцененных месторождениях стадии предварительной и детальной разведки можно совмещать. В этом случае на верхних горизонтах месторождений (или на отдельных участках) проводится деталь-

ная разведка, а на остальной части рудных тел — предварительная. Практика показала, что применение такой методики дает возможность в два-три раза сократить сроки разведки.

3.4. РАЗВЕДКА ЛИНЗОВИДНЫХ, ПЛАСТО- И ЖИЛООБРАЗНЫХ ЗАЛЕЖЕЙ

Залежи представлены сплошными или вкрапленными сульфидными рудами, причем сплошные сульфидные залежи состоят в основном из пирита, реже пирротина, кварца или барита, иногда с хлоритом и гидрослюдами, и часто сопровождаются зонами вкрапленных руд. Встречаются залежи кварцитов с вкрапленным оруденением. Приурочены залежи, как правило, к зонам расланцевания пород, часто не выходят на поверхность, а на поверхности сложены окисленными рудами.

В зоне окисления залежи имеют совершенно другую морфологию, чем первичные сульфидные руды. Это должно учитываться при разведочных работах.

Месторождения данного типа в большинстве случаев сложены несколькими залежами, находящимися в одной рудоносной зоне. В ее пределах располагаются рудные залежи различных размеров и морфологии, на разных расстояниях друг от друга, но обычно с более или менее выдержанным направлением падения. В целом рудоносная зона должна быть изучена на стадии поисково-оценочных работ при бурении картировочных и поисковых скважин. В ней должны быть выделены наиболее перспективные участки и рудные тела.

На стадии предварительной разведки обнаруженные залежи и перспективные участки разбуриваются скважинами, которые располагаются в поперечных профилях с расстояниями между профилями 80—120 м. В зависимости от размеров рудных залежей в профилях бурят единичные скважины глубиной 100—300 м. Наиболее перспективные залежи разбуриваются по сетке с расстояниями между профилями 80—120 м, а между скважинами 40—60 м; глубина бурения по падению 500—800 м или до выклинивания залежей (см. рис. 5). Канавы и шурфы используются обычно только для изучения зоны окисления, по которой могут быть пробурены также вертикальные скважины (колонковые или шарошечные) по достаточно густой сети, пересекающие всю залежь окисленных руд до верхней границы первичных руд.

На стадии детальной разведки сеть скважин сгущается до 60—80 или 30—40 м в зависимости от размеров залежей и сложности их строения путем дополнительной закладки профилей и бурения скважин. Кроме того, на одном-двух горизонтах проходятся горные выработки (штреки с рассечками), располагаемые по тем же профилям, что и скважины. При сложной морфологии рудных тел горные выработки проходят и на промежуточных профилях. Несложные по строению залежи с относительно равномерным распределением золота в отдельных случаях могут быть разведаны

только скважинами, так как на этом типе достоверность бурения достаточно высока.

Контрастность руд и вмещающих пород на месторождениях данного типа позволяет применять скважинные и шахтные геофизические методы, которые способствуют прослеживанию и оконтуриванию залежей сплошных и вкрапленных руд. Это дает возможность при разведке бурением значительно повысить достоверность установленных запасов без использования разведочных горных выработок.

На рудных телах большой мощности для частичной замены рассечек необходимо бурение горизонтальных скважин из подземных горных выработок.

Детальная разведка окисления руд может производиться вертикальными скважинами шарошечного, пневмоударного и ударно-канатного бурения по относительно более густой сети.

В ряде случаев глубокозалегающие залежи можно разведывать только бурением без дорогостоящих горных работ.

Во многих случаях залежи, кроме золота, содержат медь, свинец, цинк, серебро, редкие и другие элементы, что обязательно должно учитываться при разведке. При опробовании необходимо выявлять весь комплекс полезных компонентов, для чего следует проводить систематический отбор соответствующих рядовых или групповых проб.

3.5. РАЗВЕДКА РУДНЫХ ТЕЛ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ И НЕБОЛЬШОГО РАЗМЕРА (ГНЕЗДА, ТРУБЧАТЫЕ, ЛИНЗОВИДНЫЕ И ЖИЛОБРАЗНЫЕ ЗАЛЕЖИ И Т. П.)

Месторождения золота данного морфологического типа, как правило, представлены группой рудных тел различного размера и сложности. Размещение рудных тел контролируется определенными системами разломов, трещин, контактовыми поверхностями и элементами складчатости. Во многих случаях рудные тела этого типа не выходят на поверхность и относятся к скрытым. Пространственно они приурочены к определенной структурной зоне или породам определенного состава (зоны интрузивного контакта или расслаивания пород, пачки карбонатных толщ, вулканогенно-эруптивные образования и т. п.). Небольшой размер рудных тел, значительная разобщенность их в пределах месторождения обуславливают сложность их выявления и разведки. Последняя затруднена также крайне неравномерным распределением золота в рудных телах и сложностью их морфологии.

На стадии поисково-оценочных работ на рудном поле практически невозможно установить большинство рудных тел данного типа, поэтому главным образом обнаруживают и прослеживают в целом рудоносную зону, к которой приурочены рудные тела. Одновременно изучают условия локализации золотого оруденения.

Поиски и выявление отдельных рудных тел производят на стадии предварительной разведки. Обнаруженные тела разведываются

небольшим числом выработок. Для разведки используются в основном системы горизонтальных горных выработок — штреки, квершлагги, орты, а также штольни. Каждое рудное тело необходимо пересечь на горизонте хотя бы одной горной выработкой (в любом направлении). Оконтуривание рудных тел в других направлениях может быть выполнено горизонтальными или наклонными скважинами, пробуренными из тех же горных выработок или с поверхности.

Рудные тела с высокими содержаниями золота оконтуриваются дополнительными рассечками и квершлаггами. Горизонтальные скважины и квершлагги используются и для детального опробования всей рудоносной зоны.

Принципиально возможна разведка бурением и рудных тел неправильной формы, особенности при относительно больших их размерах и равномерном распределении в них золота. Для обеспечения необходимого количества пересечений сеть разведочных скважин должна быть достаточно плотной. Это может быть достигнуто только многоствольным бурением с тремя-четырьмя скважинами из каждого ствола. В благоприятных условиях при близком расположении рудных тел соседние рудные тела могут быть разведаны горизонтальными скважинами из горноразведочных выработок, пройденных по одному из рудных тел. При разведке скважинами необходимо провести соответствующие работы по установлению надежности результатов бурения на данном объекте.

Если рудные тела имеют контрастные физические свойства по отношению к вмещающим породам (особенно, если они представлены сульфидными или магнетитовыми рудами) для выявления и оконтуривания рудных тел необходимо шире использовать геофизические главным образом скважинные и шахтные методы — радиопросвечивание, магнитометрию, вызванную поляризацию и др.

Детальная разведка рудных тел данного типа проводится в основном горными выработками на нескольких горизонтах (два — четыре горизонта для гнездообразных тел и линзовидных залежей, четыре—восемь горизонтов для трубчатых тел с расстояниями между ними 20—40 м, с проходкой рассечек или квершлаггов на каждом горизонте через 10 м, а иногда и 5—6 м). Кроме того, каждое тело между горизонтами изучается восстающими. Вместо рассечек могут быть использованы горизонтальные или наклонные скважины.

В рудных телах этого типа содержания золота достаточно высокие, поэтому детальная разведка эффективна даже при значительных объемах горных работ и длительных сроках их проведения. Месторождения этого типа по Классификация запасов ГКЗ СССР 1981 г. относятся в основном к четвертой группе, и для передачи их в освоение требуется 50 % запасов категории С₁ и 50 % категории С₂. Более детальное изучение и перевод запасов из категории С₂ в категорию С₁ на месторождениях этого типа производятся при подготовке месторождения к эксплуатации и в процессе эксплуатационной разведки.

3.6. ОСОБЕННОСТИ РАЗВЕДКИ ГОРИЗОНТАЛЬНО ИЛИ ПОЛОГОЗАЛЕГАЮЩИХ РУДНЫХ ТЕЛ

К данному типу рудных тел относятся главным образом пласто- или линзообразные золотоносные залежи и жилы различной мощности, а также пласто- и карманообразные залежи — железные шляпы и окисленные руды в карстовых полостях. Горизонтально залегающие пласто- и линзообразные залежи располагаются обычно на некотором расстоянии от поверхности, имеют большую площадь распространения по латерали, что и определяет возможность их разведки вертикальными скважинами. В процессе поисково-оценочных работ при структурно-картировочном бурении определяются положение залежей в геологическом разрезе и условиях их залегания, а также проводится их предварительное оконтуривание. Это дает возможность на стадиях предварительной и детальной разведки горизонтальные или близгоризонтальные залежи разведывать вертикальными скважинами по квадратной (при изометрических телах) или прямоугольной сетке (при вытянутых рудных телах). Расстояния между скважинами зависят от площади рудного тела и стадии геологоразведочных работ, но при детальной разведке они не должны превышать 30×80 или 40×80 м.

На линейно-вытянутых рудных телах с незначительной шириной залежей скважины в линиях должны бурить через 20—30 м (иногда через 10 м), чтобы обеспечить не менее двух-трех пересечений залежи в каждой линии (рис. 7). На стадии детальной разведки на крупных рудных телах или при неравномерном распреде-

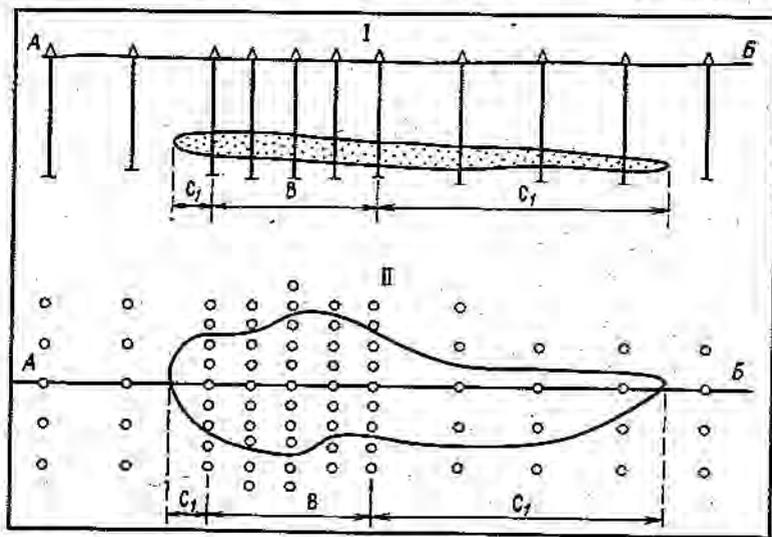


Рис. 7. Схема разведки вертикальными скважинами горизонтально залегающего, линзовидного рудного тела.
I — вертикальный разрез по линии А—В; II — проекция рудного тела на горизонтальную плоскость

лении золота и наличии участков неоруденелых пород или непромышленных руд можно использовать горизонтальные горные выработки взаимно перпендикулярного направления с расстояниями между выработками 40—80 м. Если мощность рудного тела превышает высоту горизонтальной горной выработки, для определения мощности и содержания золота в рудах применяют восстающие.

Для месторождений данного типа характерно наличие нескольких рудовмещающих горизонтов, причем часто залежи залегают друг под другом на нескольких уровнях. С помощью вертикальных скважин можно одновременно разведывать серию рудных залежей, расположенных на различных стратиграфических уровнях. Вертикальными скважинами разведывают также и пологозалегающие золоторудные жилы, жилоподобные тела, линзовидные и пластообразные тела, но при детальной разведке этих тел применяется более плотная сеть скважин — 20—80 м по простиранию и 40—60 м по падению с одновременной проходкой одного-двух горизонтов горных выработок с расстояниями между ними 60—120 м в плоскости падения рудного тела — шурфовой и шахтной или штольневые горизонты со штреками и рассечками (рис. 8).

Разведка золоторудных залежей плаще- или карманообразной формы, выходящих на дневную поверхность, осуществляется шурфами или вертикальными скважинами по различной сетке в зависимости от площади рудного тела, формы его выхода и стадии геологоразведочных работ. Обычно на наиболее сложных залежах расстояние между скважинами или шурфами при детальной разведке не превышает 20×40 м. Может применяться колонковое, ударно-механическое и пневмоударное бурение. Скважины и шурфы бурятся непрерывно на всю мощность железных шляп или залежей окисленных руд.

Основные способы разведки, параметры разведочной сети с максимально допустимой глубиной разведки запасов категории C_1 ниже последнего горизонта горных выработок при разведке золоторудных месторождений разных морфологических типов приведены в табл. 5.

Данные табл. 5 должны использоваться при выборе параметров на стадиях детальной и предварительной разведки золоторудных месторождений. Однако эти параметры не обязательны и могут корректироваться на практике в зависимости от степени сложности строения рудных тел и их размеров на разведываемых месторождениях. В табл. 6 рекомендуются приблизительные параметры разведочных сетей на поисково-оценочной стадии и стадии предварительной разведки.

Необходимо еще раз подчеркнуть особенности методики работ по подтверждению сплошности оруденения при разведке всех морфологических типов золоторудных месторождений.

Для проверки сплошности по простиранию на всех типах месторождений используются главным образом штреки, являющиеся разведочными или служащие для создания разведочной системы.

Таблица 5

Основные способы разведки и параметры разведочных сетей, рекомендуемые разных морфологических типов

Форма рудных тел в горизонтальных сечениях	Морфологический тип и мощность рудных тел	Способ расположения разведочных выработок	Группа по классификации ГКЗ СССР	Тип разведочных выработок
Линейно-вытянутые	Жилы и жиллообразные залежи мощностью до 3 м	По простиранию рудных тел	2	Штреки Восстающие Рассечки из параллельного штрека или восстающих Наклонные скважины
			3-4 ¹	Штреки Восстающие Рассечки ² из параллельного штрека Наклонные скважины
Жильные зоны и дайки мощностью свыше 3 м (обычно до 15 м)	В горизонтальных сечениях	В плоскости параллельных вертикальных сечений, расположенных вкрест простирания рудных тел	2	Штреки ³ Рассечки
			3-4 ¹	Штреки ² Рассечки
			2	Наклонные скважины
			3-4 ¹	Наклонные скважины

при детальной разведки золоторудных месторождений

Категория В		Категория С ₁		Максимальная допустимая глубина разведки скважинами ниже последнего горизонта, разведанного горными выработками, обеспечивающая получение запасов категории С ₂
Расстояния между выработками, м				
по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	
рудные тела				
Непрерывно 80—120 10—20 —	40—60 Непрерывно 40—60 —	Непрерывно 120 20—30 40—60	80—120 Непрерывно — 40—60	— — — Не более трех-четырех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
— — —	— — —	Непрерывно 80—120 10—20 40—60	До 80 Непрерывно — 40—60	— — — Не более двух-трех этажей при наличии двух горизонтов, разведанных горными выработками
Непрерывно 10—20	40—60 ⁴ —	Непрерывно 20—40	40—60 —	—
—	—	Непрерывно 10—20	40—60 —	—
—	—	60—80	40—60	Не более трех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
—	—	40—60	40—60	Не более двух этажей при наличии двух горизонтов, разведанных горными выработками

Форма рудных тел в горизонтальных сечениях	Морфологический тип и мощность рудных тел	Способ расположения разведочных выработок	Группа по классификации ГКЗ СССР	Тип разведочных выработок		
	Минерализованные зоны мощностью обычно более 10 м (до 50 м и более)	В горизонтальных сечениях	2	Штреки ³ Рассечки в сочетании с горизонтальными скважинами		
			3	Штреки ³ Рассечки в сочетании с горизонтальными скважинами		
		В плоскости вертикальных параллельных сечений, расположенных вкрест простирания рудных тел	2	Наклонные скважины		
			3	Наклонные скважины		
		Линзовидные	Залежи сплошных, вкрапленных руд большой мощности	В горизонтальных сечениях	2	Штреки ³ Орты в сочетании с горизонтальными скважинами
					3	Штреки ³ Орты
В плоскости вертикальных параллельных сечений, расположенных вкрест простирания рудных тел	2			Наклонные скважины		
	3			Наклонные скважины		

Категория В		Категория С ₁		Максимальная допустимая глубина разведки скважинами ниже последнего горизонта, разведанного горными выработками, обеспечивающая получение запасов категории С ₁
Расстояния между выработками, м				
по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	
Непрерывно 20—30	40—60 ⁴	Непрерывно 40—60	80—120 —	—
—	—	Непрерывно 20—30	40—60 —	—
—	—	Непрерывно 60—80	40—60 —	Не более трех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
—	—	40—60	40—60	Не более двух этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
Непрерывно 10—20	40—60 ⁴	Непрерывно 20—40	—	—
—	—	Непрерывно 10—20	—	—
—	—	60—80	40—60	Не более трех-четырех этажей при наличии горных выработок в отдельных профилях
—	—	40—60	40—60	Не более двух-трех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками

Продолжение табл. 5

Форма рудных тел в горизонтальных сечениях	Морфологический тип и мощность рудных тел	Способ расположения разведочных выработок	Группа по классификации ГКЗ СССР	Тип разведочных выработок	
Изометрическая	Штокверки большой мощности	В горизонтальных сечениях	2	Штреки ³ Квершлаг в сочетании с горизонтальными скважинами	
			3	Штрек ³ Квершлаг	
		В плоскости вертикальных параллельных сечений, расположенных вкрест простирания рудных тел	2	Наклонные скважины	
			3	Наклонные скважины	
		Штокверки и штокообразные рудные тела, занимающие большую площадь в горизонтальном сечении при значительной протяженности на глубину	В горизонтальных сечениях	2	Горные выработки разного направления в сочетании с горизонтальными скважинами
				3	То же
		В плоскости вертикальных параллельных сечений, расположенных вкрест простирания рудных тел	2	Вертикальные скважины	
			3	То же	
Линзовидная, неправильная и др.	Залежи, гнезда, трубообразные тела малого размера	В горизонтальных сечениях	3—4	Горные выработки разного направления в сочетании с горизонтальными или наклонными скважинами	

Категория В		Категория С ₁		Максимальная допустимая глубина разведки скважинами ниже последнего горизонта, разведанного горными выработками, обеспечивающая получение запасов категории С ₁
Расстояния между выработками, м				
по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	
Непрерывно 20—40	40—60 ⁴	Непрерывно 40—80	—	—
—	—	Непрерывно 20—40	—	—
—	—	60—80	40—60	Не более трех-четырех этажей при наличии горных выработок в отдельных профилях
—	—	40—60	40—60	Не более двух-трех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
60—80	60—80	80—120	—	—
—	—	60—80	—	—
—	—	80×120	Непрерывно	Глубина разведки не ограничена
—	—	60×80	»	То же
—	—	(15×30)— (20×40)	30—40	—

Форма рудных тел в горизонтальных сечениях	Морфологический тип и мощность рудных тел	Способ расположения разведочных выработок	Группа по классификации ГКЗ СССР	Тип разведочных выработок
--	---	---	----------------------------------	---------------------------

II. Полого или горизонтально

Линейно-вытянутые	Жилы и жиллообразные залежи, мощность до 3 м	Штреки по простиранию рудных тел, скважины по сетке	2	Штреки Вертикальные скважины
			3-4 ¹	Штреки Вертикальные скважины
Линзовидная или изометрическая	Залежи и пластобразные тела, мощность незначительная или большая, но всегда намного меньше ширины рудного тела Рудные тела, залегающие непосредственно на дневной поверхности; железные шляпы, карманообразные залежи окисленных руд в карстовых полостях и др.	Вертикальными выработками с поверхности по сетке	2	Вертикальные скважины
			3	То же
			2	Шурфы или вертикальные скважины
		Вертикальными выработками с поверхности по сетке	3	То же

¹ Даны параметры для III группы; для месторождений IV группы параметры приняты для разведки скважинами по категории C₁ не более 1-1,5 этажей при наличии не

² Из расщелин на отдельных участках проходят штреки по простиранию жилы.

³ Штреки, как правило, проходят по рудному телу.

⁴ Наиболее целесообразная высота этажа при крутом падении рудных тел 50 м.

⁵ При пологом падении высота блока определяется в плоскости падения рудных тел.

При малой мощности рудных тел (менее 3 м) разведочный штрек, проходимый обязательно по рудному телу, обеспечивает решение этой задачи. При большой мощности рудных тел для изучения сплошности по простиранию проходится рудный штрек, одновременно обеспечивающий разведку рудного тела секущими горными выработками. При необходимости, особенно на рудных телах большой мощности со сложным внутренним строением, помимо

Категория B		Категория C ₁		Максимальная допустимая глубина разведки скважинами ниже последнего горизонта, разведанного горными выработками, обеспечивающая получение запасов категории C ₁
Расстояния между выработками, м				
по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	

залегающие рудные тела

Непрерывно	60-80	Непрерывно 60-80	80-120 ⁵ 40-60	Не более трех-четырех этажей при наличии одного горизонта, разведанного горными выработками
-	-	Непрерывно 40-60	60-80 ⁶ 40-60	
(30×60— 40×80)	Непрерывно на всю мощность	(60×120)— (80×160)	Непрерывно на всю мощность	-
-	-	(30×60)— (40×80)	То же	-
20×40	Непрерывно на всю мощность	40×80	*	-
-	-	20×40	*	-

маются исходя из конкретных условий, но не реже чем для рудных тел III группы; до менее трех горизонтов, разведанных горными выработками.

основного штрека могут быть пройдены дополнительные короткие штреки из расщелин.

Для проверки сплошности по падению рудного тела, особенно на сложных месторождениях, проходятся специальные восстающие (с расщелинами), количество которых зависит от конкретных геологических условий месторождений.

Практически на всех типах месторождений для проверки

Таблица 6

Параметры разведочной сетки на ранних стадиях разведки золоторудных

Морфологический тип рудных тел	Размер рудных тел	Объект разведки	Тип разведочных выработок	Поисково-оценоч	
				по простиранию, м	

I. Крутопадающие

	Мощность до 3 м, длина, как правило, сотни метров	Рудное поле	Магистральные каналы Структурные скважины	200—400	
				Отдельные выработки	
Жилы		Отдельные жилы	Канавы Траншеи	20—40	—
			Шурфы с рас- сечками по простиранию Скважины Штреки	Отдельные выработки Отдельные выработки	—
Жильные зоны	Мощность чаще всего 5—15 м, длина — сотни метров	Рудное поле	Магистральные каналы Структурные скважины	400	Отдельные выработки
			Отдельные зоны	Канавы Шурфы с рас- сечками вк- рест простирания Скважины Штреки Рассечки из штреков	40—80—120 — Отдельные выработки — —

месторождений разных морфологических типов

ные работы	Предварительная разведка				Примечание	
	по падению, м	Работы первой очереди		Работы второй очереди		
		по простиранию, м	по падению, м	по простиранию, м		по падению, м

рудные тела

—		—		—		Отдельные выработки	—		Примечание
До глубины 200—250				До глубины 500—700					
—	—	10—20 Непрерывно 40—80	—	—	—	—	—	—	При мощности жил до 1 м
15—25	—	15—25	—	—	—	—	—	—	
До глубины 120—150	—	80—120	До глубины 120—150	—	80—120 Непрерывно	—	До глубины 250—300	—	На одном-двух горизонтах из штолен или разведочных шахт по основным рудным телам
—	—	—	—	—	10—20	—	—	—	
—	—	—	—	—	—	—	—	—	
До глубины 150—200	—	—	—	—	Отдельные выработки	—	До глубины 400—500	—	
—	—	20—40 80—120	—	15—25	—	—	—	—	На одном-двух горизонтах из штолен или разведочных шахт
До глубины 60—100	—	80—120	До глубины 120—150	—	80—120 Непрерывно	—	До глубины 200—300—500	—	
—	—	—	—	—	20—40	—	—	—	

Продолжение табл. 6

Морфологический тип рудных тел	Размер рудных тел	Объект разведки	Тип разведочных выработок	Поисково-оценоч	
				по простиранию, м	
Минерализованные зоны	Мощность до 50 м, иногда более, длина — сотни метров	Рудное поле	Магистральные каналы Структурные скважины	400	Отдельные выработки
		Отдельные зоны	Канавы Скважины Штреки Рассечки из штреков	80—120 Отдельные выработки — —	
Линзовидные, ленточные и другие залежи сплошных и вкрапленных руд	Мощность от единиц до десятков метров, длина по простиранию и падению — сотни метров	Рудоносная зона	Скважины Структурные скважины	200—400	Отдельные выработки
		Отдельные рудные тела	Скважины Шурфы с рассечками	— —	
Штокверки линейно-вытянутые или линзовидные	Размеры по всем направлениям многие десятки и сотни метров	Рудное поле	Магистральные каналы Структурные скважины	120—200	Отдельные выработки
		Отдельные рудные тела	Скважины Шурфы с рассечками	— —	
Штокверки изометрической или неправильной формы	Размеры по всем измерениям — сотни метров	Отдельные рудные тела	Шурфы или вертикальные скважины Скважины	(100×200)	
			Структурные скважины	—	

ные работы	Предварительная разведка					Примечание
	по падению, м	Работы первой очереди		Работы второй очереди		
		по простиранию, м	по падению, м	по простиранию, м	по падению, м	
Отдельные выработки	—	—	Отдельные выработки	До глубины 400—500		
До глубины 150—200	40—80 80—120	До глубины 150—200	80—120	До глубины 200—300—500		На одном-двух горизонтах из штолен или разведочных шахт при сложном строении рудных тел
—	—	—	Непрерывно 40—60	—		
До глубины 60—100 До глубины 150—200	—	—	Отдельные выработки	До глубины 400—500		
—	80—190	До глубины 100—300	80—120	40—60	До глубины 300—500	
—	—	—	Отдельные выработки	25—30		
До глубины 150—200	—	—	Отдельные выработки	До глубины 400—500		
—	80—120	До глубины —	80—120	40—60 25—30	До глубины 300—500 м	
—	(100×100)—(100×120)	—	—	—	Глубина скважин до 60—80 м	
—	120—160	Непрерывно	100—120	Непрерывно	Глубина скважин до 300—500 м или до подошвы рудного тела До глубины 500—800	
—	—	—	Отдельные выработки	—		

Морфологический тип рудных тел	Размер рудных тел	Объект разведки	Тип разведочных выработок	Поисково-оценоч	
				по простиранию, м	
Залежи, гнезда	Размеры по всем направлениям — единицы и десятки метров	Рудоносная зона	Магистральные каналы	80—120	
		Скважины		40—60	
		Отдельные рудные тела	Канавы Шурфы с расчечками Горные выработки разного направления в сочетании с горизонтальными и наклонными скважинами	— — —	

II. Полого или горизонтально

Жилы	Мощность до 3 м, протяженность сотни метров	Отдельные рудные тела	Канавы Шурфы Скважины	10—20 40—80 —
Залежи пластобразные линзовидные, ленточные и др.	Большие размеры по простиранию и падению при относительно большой мощности	Отдельные рудные тела	Скважины	Отдельные
Залежи окисленных руд	Значительные размеры по площади и десятки метров по мощности	Отдельные рудные тела	Шурфы или вертикальные скважины	Отдельные

ные работы	Предварительная разведка					Примечание
	по падению, м	Работы первой очереди		Работы второй очереди		
		по простиранию, м	по падению, м	по простиранию, м	по падению, м	
— 40	— —	— —	— —	— —	— —	
— — —	10—20 40	— 15—25	— —	15—30	30—40	Проходятся из разведочных шахт глубиной 60—80 м

залегающие рудные тела

— До глубины 15—25 —	— — 80—120	— — 80—120	— — 60—80	— — 60—80	Измеряется в плоскости жилы
выработки	(120×160) и реже		(60×120)		Скважины полностью пересекают рудное тело в направлении мощности
выработки	80×120 и реже	Непрерывно на всю мощность	40—80	Непрерывно на всю мощность	

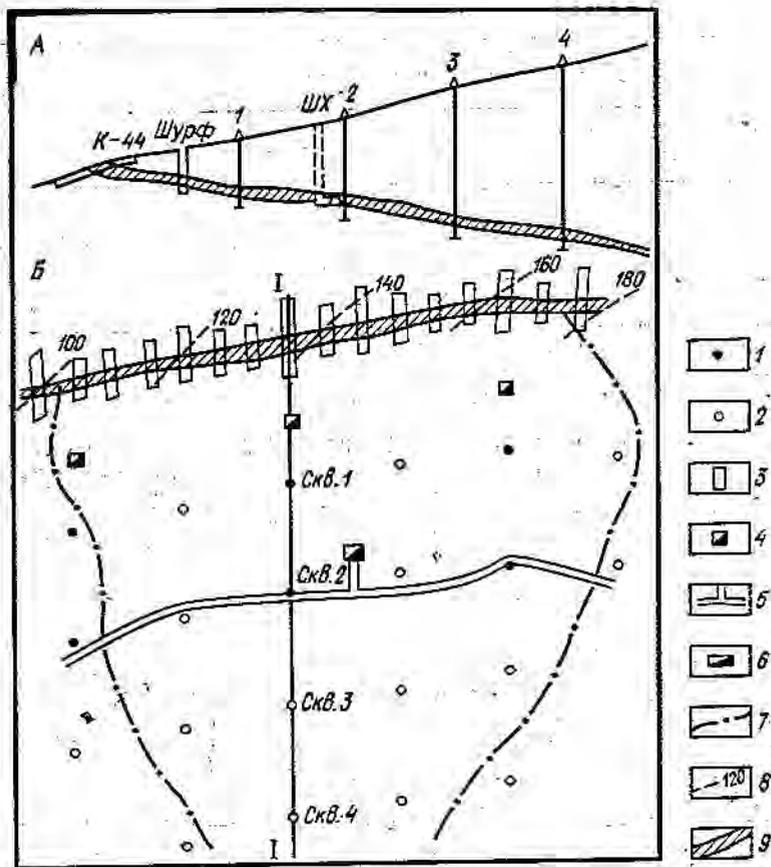


Рис. 8. Схема разведки пологозалегающей жилы.

А — вертикальный разрез по разведочной линии I—I; Б — проекция жилы на горизонтальную плоскость; скважины: 1 — первой очереди, 2 — второй очереди; 3 — канавы; 4 — шурфы; 5 — штрек по жиле из шахты; 6 — шахта; 7 — контур промышленных руд; 8 — горизонталь рельефа; 9 — рудное тело

сплошности оруденения могут быть использованы скважины, главным образом подземные, но наиболее эффективно бурение с этой целью на рудных телах большой мощности и наклонного залегания. Бурят веер (по падению или простиранию) скважин между горизонтами или на разведочном горизонте по достаточно плотной сети. Естественно, что бурение возможно только при выяснении достаточной его надежности.

3.7. ПРИМЕРЫ РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

Учитывая многообразие золоторудных месторождений и значительные различия их формы, размеров и изменчивости оруденения в пределах даже каждой выделенной морфологической группы, в

рамках методического руководства трудно привести примеры особенностей разведки каждого из них. Поэтому были выбраны наиболее типичные месторождения простого и сложного строения из каждой морфологической группы, разведка которых будет служить иллюстрацией рассмотренных общих положений методики разведки золоторудных месторождений.

Запасы по всем месторождениям, выбранным в качестве примера, были утверждены в ГКЗ СССР, некоторые из них в настоящее время эксплуатируются, а на других продолжают разведочные работы.

1. Месторождения жильного типа

Месторождение 1. Структурные особенности района месторождения определяются системами нарушений северо-западного и северо-восточного направлений, разбивающих территорию района на блоки различных порядков. Рудное поле заключено в одном из блоков, вытянутом в северо-западном направлении. В пределах его мелкие блоки характеризуются относительным опусканием в направлении с запада на восток. В узле пересечения северо-восточных, северо-западных и близмеридиональных нарушений расположено золоторудное месторождение 1.

Вмещающими породами служат разнообразные по возрасту и составу интрузивные породы. Большая часть рудного поля сложена комплексом пород гранодиоритовой интрузии (кварцевые диориты, диориты с ксенолитами амфиболитов, гранодиоритов) и порфировидных гранитов. Широко развиты малые интрузии плагиогранит-порфиров в форме штока и многочисленных даек. Ведущими структурами, вмещающими кварц-сульфидные жилы, являются дизъюнктивы трех направлений: 1) северо-восточного с крутым падением на юго-восток, реже на северо-запад; 2) северо-западного с падением на северо-восток и юго-запад под углами $70-80^\circ$; 3) субширотного с падением на север или юг под углами $50-60^\circ$ (рис. 9). Вещественный состав руд характеризуется значительным разнообразием жильных и рудных минералов. Рудные минералы превалируют над жильными. Лишь в местах выклинивания промышленных рудных тел количество рудных минералов резко уменьшается.

Среди рудных минералов широко распространены пирит, арсенипирит, халькопирит, пирротин, тетраэдрит, бурнонит, сфалерит и галенит, меньше — различные сульфосоли, минералы висмута и др. Жильные минералы представлены кварцем, карбонатами и турмалином. Золото ассоциирует с сульфидами, в основном с арсенипиритом, пиритом, блеклой рудой, бурнонитом, халькопиритом и галенитом. На долю мелкого золота (менее 0,1 мм) приходится больше половины (60%) всего золота, а наиболее крупные золотины (0,25—0,8 мм и крупнее) составляют не более 5%. В соответствии со стадиями минерализации выделяются следующие мине-



Рис. 9. Геолого-структурная схема месторождения жильного типа (Месторождение 1).

Комплекс: 1 — гипабиссальных и субвулканических малых интрузий плагиокласспорфиров, фельзит-порфиров и их дайковая фация; 2 — биотитовых и лейкократовых гранитов, сиенитов, граносиенитов, кварцевых сиенитов; 3 — биотитовых гранитов, кварцевых диоритов, гранодиоритов; 4 — метаморфизованных габброидных пород; 5 — рудные тела; 6 — тектонические нарушения; 7 — геологические границы

ральные ассоциации: кварц-турмалиновая, кварц-пиритовая, пирит-арсенопиритовая, галенит-сфалеритовая, пирротин-тетраэдрит-бурнонит-халькопиритовая (наиболее продуктивная), кварц-антимонитовая и карбонатная.

В связи с концентрически зональным размещением продуктивных минеральных ассоциаций жилы, залегающие ближе к штоку плагиогранит-порфиров, неперспективны на глубине, так как в этих случаях вскрыты эрозией их коренные части, сложенные слабозлотоносными минеральными комплексами; жилы периферических частей месторождения более благоприятны на глубоких горизонтах. К наиболее продуктивным относятся рудные жилы сложного минерального состава, представленного пирит-арсенопиритовой и пирротин-тетраэдрит-бурнонит-халькопиритовой минеральными ассоциациями.

Особенности морфологии жил обусловлены приуроченностью к той или иной системе рудофокусирующих трещин. Наиболее протяженные и значительные по мощности жилы северо-восточного и субширотного направления. Они прослежены на 1000—2500 м. Длина более мелких жил колеблется от нескольких десятков до первых сотен метров. Мощность кварц-сульфидной части жил ме-

няется по простиранию от нескольких сантиметров до 2 м и в среднем составляет 0,1—0,25 м, а вместе с вкрапленными рудами 0,6—1,5 м. Раздувы и пережимы жил имеют столбообразную форму и чаще восточное склонение. Отдельные пережимы достигают нескольких десятков и даже сотен метров. Наиболее крупные крутопадающие рудные тела с промышленным содержанием золота прослежены на глубину до 1200 м. Многие жилы характеризуются сложным внутренним строением и наличием большого количества аюфиз, имеющих самостоятельное промышленное значение. Отмечается прямая зависимость между сложностью минерального состава и мощностью жил.

Промышленное оруденение в плоскости жил носит прерывистый характер: богатые рудные столбы чередуются с пережимами и участками с резко пониженной золотоносностью. Морфология рудных столбов разнообразна. В центральной части месторождения для жил характерны вытянутые по падению рудные столбы (рис. 10). В жилах восточного фланга месторождения встречаются рудные столбы с почти горизонтальными пережимами, форма которых обусловлена морфологией рудовмещающих структур и сопряжением их со структурами других направлений (рис. 11). На западном участке форма рудных столбов в жилах определяется системой дорудных ограничителей (рис. 12).

Распределение золота крайне неравномерное. Пробы с очень низким содержанием чередуются с небольшим количеством проб с высоким содержанием. Последние в значительной степени и обуславливают промышленную ценность жил. Коэффициент вариации содержания золота для различных жил колеблется в пределах 160—290 %, причем изменчивость по простиранию ($V=160-380\%$) почти в четыре раза превышает изменчивость по падению ($V=47-96\%$). Месторождение относится ко II группе по классификации ГКЗ СССР.

Разведка месторождения ведется давно и характеризуется постепенным перемещением и расширением фронта разведочных ра-

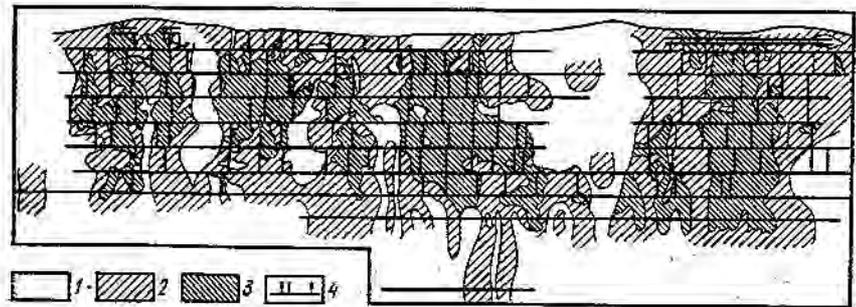


Рис. 10. Система разведки жилы с вертикальными рудными столбами (Месторождение 1).

Руда: 1 — некондиционная, 2 — кондиционная, 3 — богатая; 4 — подземные горные выработки

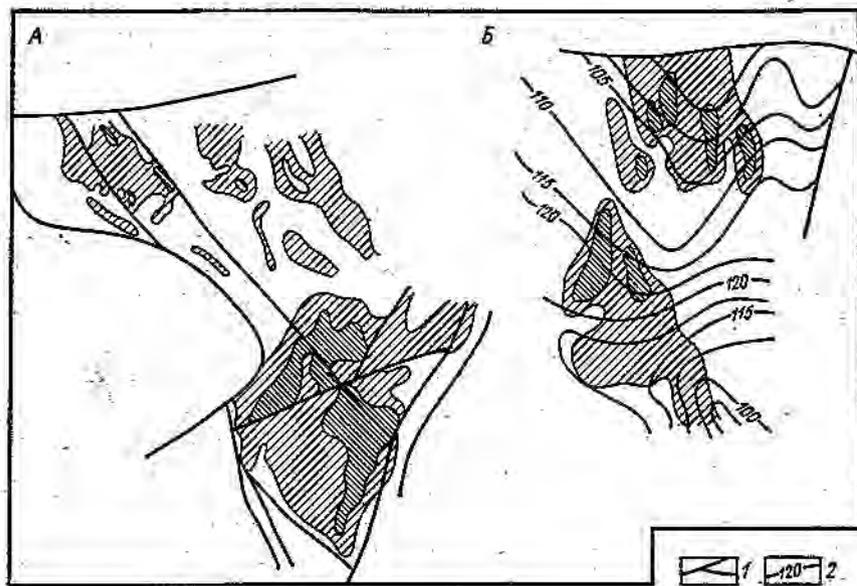


Рис. 11. Рудные столбы с горизонтальными пережимами (Месторождение 1).
1 — секущие нарушения, жилы и апофизы; 2 — изолинии «рельефа» жил; остальные усл. обозначения см. на рис. 10

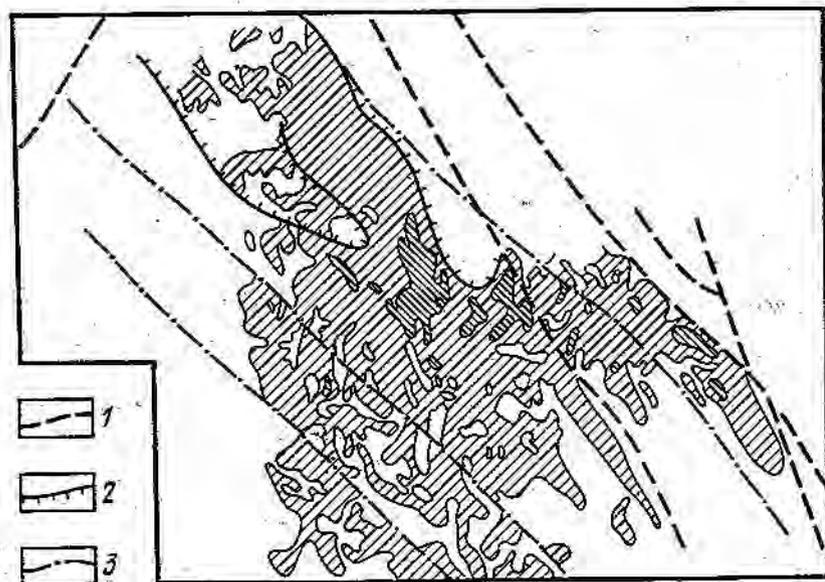


Рис. 12. Рудные столбы, ограниченные дорудными экранящими нарушениями (Месторождение 1).
1 — дорудные поперечные нарушения; 2 — апофиза; 3 — сместители; остальные усл. обозначения см. на рис. 10

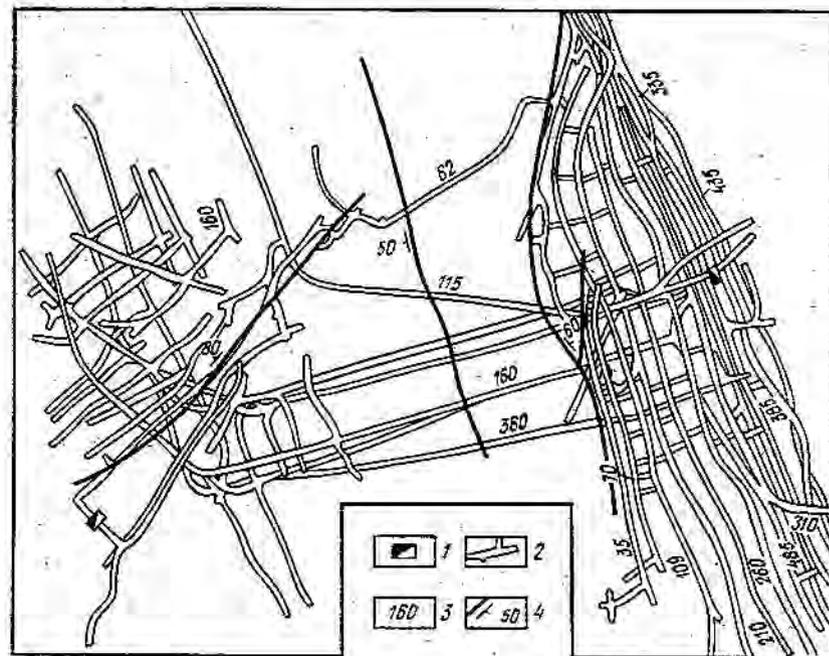


Рис. 13. Совмещенный план горноразведочных работ (Месторождение 1).
1 — столбы шахт; 2 — подземные горные выработки; 3 — номера разведочных горизонтов; 4 — жилы и элементы их залегания

бот от его центральной части на фланги и на глубину. Стадийность разведочных работ весьма условно укладывается в следующую схему: поисково-оценочные работы (предварительная разведка) — детальная разведка. На стадии поисково-оценочных работ проходились магистральные и короткие каналы с целью вскрытия и прослеживания рудных тел на поверхности. Перспективные жилы вскрывались на глубине штольнями и квершлагами с короткими штреками. Для опоискования и оценки глубоких горизонтов месторождения использовалось колонковое бурение сначала до глубины 300 м, а в дальнейшем — до 700 м. Отдельные структурные скважины вскрыли рудные тела на глубине 1200 м.

Детальная разведка жил осуществлялась штреками, которые проходили через 100—120 м по падению и восстающим, пройденными в среднем через 100—150 м по простиранию жил (см. рис. 10, рис. 13).

Наличие параллельных жил и апофиз определило на всех стадиях геологоразведочного процесса широкое использование для поисков, прослеживания и оценки жил подземного горизонтального бурения.

При предварительной и детальной разведке месторождения довольно широко применялись геофизические методы: поверхностные

электроразведочные, меж-, околосокиважного и шахтного радио-просвечивания.

Объем горных работ несколько превышает объем буровых. Данные прямой заверки и сопоставления результатов буровых и горных работ показывают систематическое занижение содержаний золота, определенных по керну скважин (отклонения составляют от $-30,4$ до -59%).

Ошибки в определении мощности относятся к случайным и варьируют от $-14,3$ до $+20\%$, в связи с чем данные бурения служат для подтверждения сплошности оруденения при оконтуривании запасов по категориям C_1 и C_2 .

На месторождении применяется бороздовое опробование. Поперечное сечение борозды $(3\div 4) \times (2\div 3)$ см. Длина борозды зависит от мощности рудного тела и в среднем составляет $15-20$ см. Рудные жилы, вмещающие слабозолотосные породы и «вкрапленники», опробуются раздельно. При этом по жильной массе в забое берутся три узкие борозды, а по вкрапленникам всяческого и лежащего боков — одна общая борозда. В зависимости от морфологии рудных тел разработаны три стандартные схемы опробования забоев: 1) для жил нормальной мощности ($10-30$ см), сопровождаемой вкрапленниками, — три борозды по жиле, материал которых объединяется в одну пробу, и одна общая борозда для вкрапленников; 2) для серии маломощных прожилков ($4-5$ см), сопровождаемых вкрапленниками, — одна общая борозда для вкрапленников и одна общая задириковая для прожилков; 3) для вкрапленников — одна общая борозда. Опробуются, как правило, забой штреков, а в отдельных случаях взамен забоев — их кровля. Вначале штреки опробовались через $1,5-2$ м, в последующем интервалы были увеличены до 5 м. Восстающие опробуются по обеим стенкам; борозды располагаются через $4-5$ м.

Геологическая документация горных выработок проводится одновременно с опробованием. При первичной обработке материалов подземных наблюдений используются карточки, на которых дается зарисовка, выносятся описание и результаты опробования. Первичные материалы геологических наблюдений сводятся в систему особых паспортов, составляемых для отдельных очистных блоков, встающих и прочих выработок. Система паспортов значительно облегчает выполнение трудоемких операций, связанных с оперативными и генеральными подсчетами запасов. Размеры паспортов стандартные: 40×30 или 30×60 см. Геологическая обработка материалов наблюдений включает составление погоризонтных планов, продольных вертикальных проекций по каждой жиле и отдельных поперечных разрезов.

Оконтуривание запасов производится по минимально промышленному содержанию, определенному по результатам опробования жильной части рудных тел. Запасы категории C_1 оконтуриваются двумя разведочными горизонтами ($100-120$ м по падению жилы) и встающими или подвешиваются к разведочному горизонту на

$50-60$ м. Запасы категории C_2 подвешиваются к блокам запасов категории C_1 на одном-двух разведочных горизонтах.

Средние содержания по блокам подсчитываются отдельно по жильной части и вкрапленным рудам способом взвешивания отдельных пересечений (проб) на мощность пересечений (длину проб). Учет ураганных проб производится по способу П. Л. Каллистова.

При утверждении запасов в ГКЗ СССР были отмечены следующие недостатки:

— недоизученность геолого-структурных и других особенностей, обуславливающих выклинивание жил и разделение безрудных участков и рудных столбов, что привело к недоразведанности некоторых жил по простиранию;

— отсутствие работ по шахтной геофизике, хотя опытные работы показали высокую результативность радио-просвечивания и некоторых других шахтных геофизических методов;

— недостаточное использование результатов поверхностного и подземного бурения выше и ниже горизонтов горных работ для обоснования экстраполяции и увязки рудных тел;

— отсутствие материалов по заверке результатов бурения и анализу выхода керна, что не позволило оценить возможности бурения при разведке;

— отсутствие данных по сопоставлению материалов детальной разведки и результатов эксплуатации (эксплуатационного опробования) в целом за длительный период; если сравнение и проведено, то лишь по отдельным группам блоков, а не по всему месторождению.

В целом по 54 блокам расхождения по запасам категорий C_1 , В, А были равны: $-0,2\%$; $-4,2\%$; $+1,5\%$; по отдельным блокам расхождения достигали $\pm 100-150\%$. Ошибки в определении мощности, содержания и запасов по блокам зависят в основном от степени их разведанности и в среднем для блоков категорий C_1 , В и А составили ($\%$) — для мощности $+18,8$; $+11,4$; $+9,1$; для содержания: $\pm 47,9$; $\pm 24,3$; ± 22 ; для запасов: $\pm 49,7$; ± 25 ; $\pm 22,3$.

Месторождение 2. Структура рудного поля определяется системой крутопадающих тектонических разломов северо-западного простирания, являющихся отражением скрытого разлома в складчатом основании. Собственно месторождение приурочено к палеовулканической постройке, расположенной на пересечении этого разлома со скрытыми разломами северо-западного и субмеридионального простирания. Центр палеовулкана фиксируется штоком диоритовых порфиритов. Рудное поле сложено лавами и туфами андезитобазальтов неогенового возраста, прорванными субвулканическими телами (дайки, некки и штоки) кислого, среднего и основного состава. Вулканогенная толща делится на три пачки: нижняя сложена покровами андезитов, андезитобазальтов и базальтов; в средней преобладают туфы и туфобрекчии среднего и основного состава; верхняя пачка представлена лавами андезитобазальтов и базальтов.

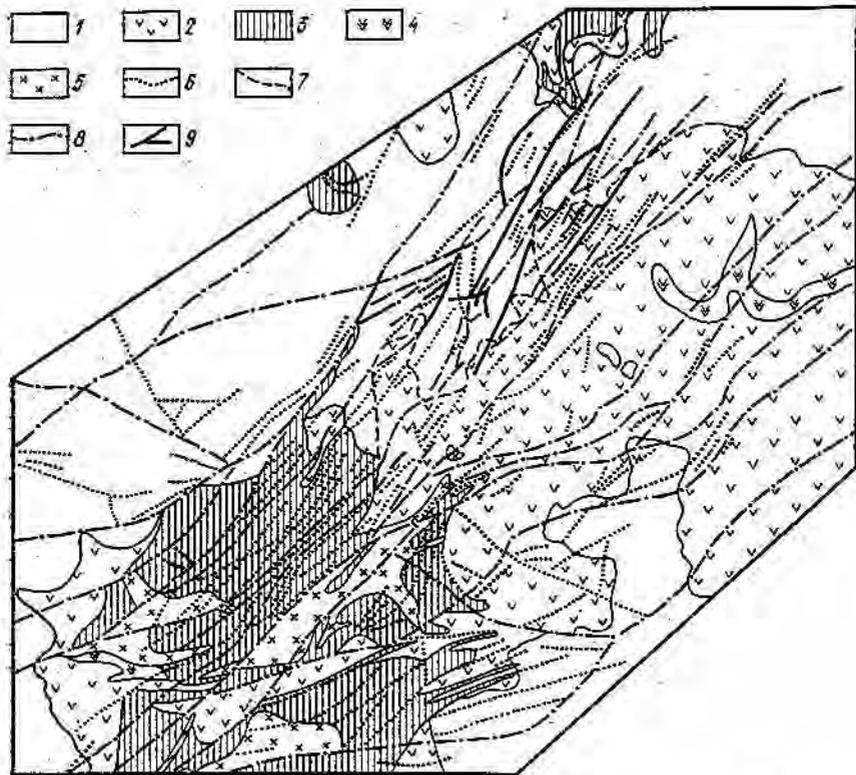


Рис. 14. Геолого-структурная схема месторождения жильного типа (Месторождение 2).

1 — плиоценовый комплекс основных пород — базальты, андезитобазальты, дациты, андезитодациты, их туфы, туфобрекчия и т. д.; 2 — миоцен-плиоценовый комплекс основных пород — андезиты, андезитобазальты, базальты, их туфы, туфобрекчия, туфокоңгломераты и т. д.; 3 — субвулканические тела и дайки плиоценовых андезитов и андезитобазальтов; 4 — андезитодациты; 5 — интрузивы и дайки диоритов и диоритовых порфиритов; 6 — дайки андезитобазальтов малой мощности; 7 — экранирующая орудененне тектоническая зона надвигового типа; 8 — разрывные нарушения; 9 — рудные тела

В центре вулканоструктуры выделяется положительная брахи-структура, вдоль осевой части которой заложилась серия крутопадающих малоамплитудных сбросов северо-восточного простирания. В центре поднятия эти сбросы сближены, а на флангах разделяются, огибая купола поднятия второго порядка. По этим системам тектонических нарушений внедрились дайки и сформировались все гидротермальные образования, в том числе и золотосные жилы. Тектонические движения привели к образованию субогласных зон по контакту пород средней и верхней пачек, в результате чего возникла экранирующая поверхность (рис. 14).

Метасоматические образования формировались в два этапа: предрудный — площадная пропитка и вытянутые вдоль нарушений зоны калиевых метасоматитов, с которыми тесно связаны рудные образования; рудный — формирование золотосных

тел, представленных кварцевыми жилами и зонами окварцевания.

Руды сложены в основном кварцем халцедоновидного облика и в подчиненном количестве адуляром, карбонатами, цеолитами. Рудные минералы составляют 1—3%. Это обычные сульфиды с преобладанием пирита. Характерные рудные минералы месторождения — теллуриды золота (калаверит и др.). Золото тонкодисперсное до мелкого. Руды обладают типичными для близповерхностных месторождений колломорфно-полосчатой, брекчиевидной и другими текстурами.

Главные рудные тела приурочены к участку, охватывающему северную и южную ветви систем тектонических нарушений на северо-восточном фланге рудного поля. Падение нарушений северо-западное под углами от 40 до 90°, что обусловило их взаимное пересечение и сопряжение на разных горизонтах. Более пологие структуры служат экранами второго порядка, остальные — рудоподводящими каналами. Рудные тела представлены кварцевыми жилами и зонами кварцевого прожилкования, развивающегося вдоль жил. Богатые золотые руды образуют в жилах рудные столбы (бананцы) на пересечении экранирующих и рудоподводящих структур (рис. 15).

Главные рудные тела представляют собой удлиненные по падению линейно-вытянутые крутопадающие жилы с четкими геологическими границами. Ограничения рудных тел по простиранию и падению устанавливаются по данным опробования. В случаях, когда в зальбандах жил развивается кварцевое прожилкование, несущее золото, контуры рудных тел по мощности проводятся по результатам опробования.

Первое рудное тело — это жила неправильной формы, сопровождающаяся серией мелких тел, в пределах которой богатые руды образуют сложную систему бананцев и лент. В верхней части оно полностью экранируется зоной нарушения. Общая протяженность жилы около 1 км, на глубину прослежена до 450 м. Падение крутое (50—75°). Мощность колеблется от 1 до 4,5 м и более. Ниже зоны сочленения с апофизой мощность падает до 1 м. Содержание золота в пределах бананцев и лент в 5—10 раз выше, чем в смежных участках.

Второе рудное тело расположено полностью в экранирующей структуре второго порядка, непосредственно ниже экранирующей зоны. Это — кварцевая жила, которая «растекается» вдоль экрана и приобретает сложную воронкообразную форму (рис. 16). Богатые руды приурочены к центральной части жилы, представленной компактным кварцевым телом. На флангах жила распадается на ряд линзовидных тел и зон прожилкования с низкими содержаниями золота. Протяженность рудного тела достигает 290 м, средняя мощность 2,5 м (от 0,9 до 5,7 м). Содержание золота в центре жилы приблизительно в 30 раз выше, чем на периферии.

По классификации ГКЗ СССР месторождение относится к 3-ей группе. Коэффициент вариации содержаний по сечениям колеблется от 127 до 208%.

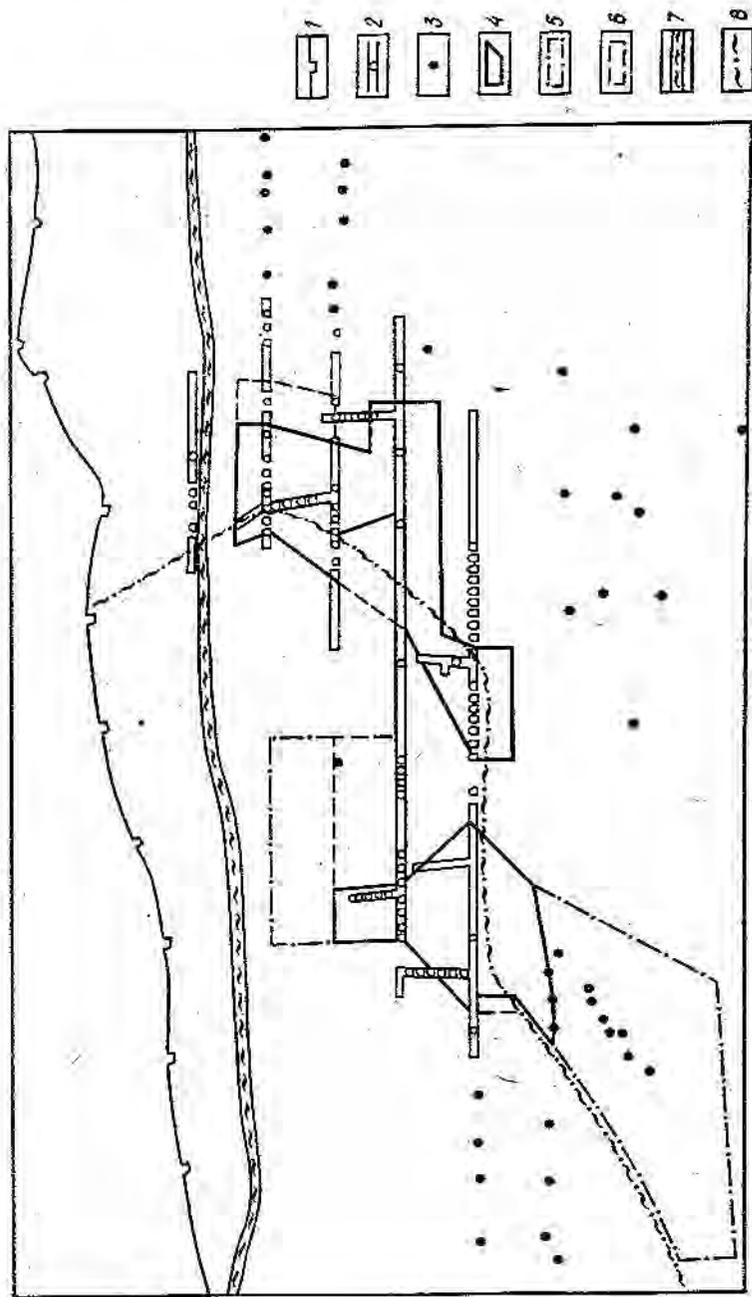


Рис. 15. Система разведки и оконтуривание запасов рудного тела жильного типа (Месторождение 2).

1 — канавы; 2 — подземные горные выработки; 3 — скважины; контуры запасов; 4 — канавы; 5 — скважины; контуры запасов; 6 — категории С₁; 7 — категории С₂; 8 — забалансовых

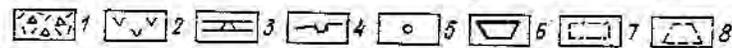
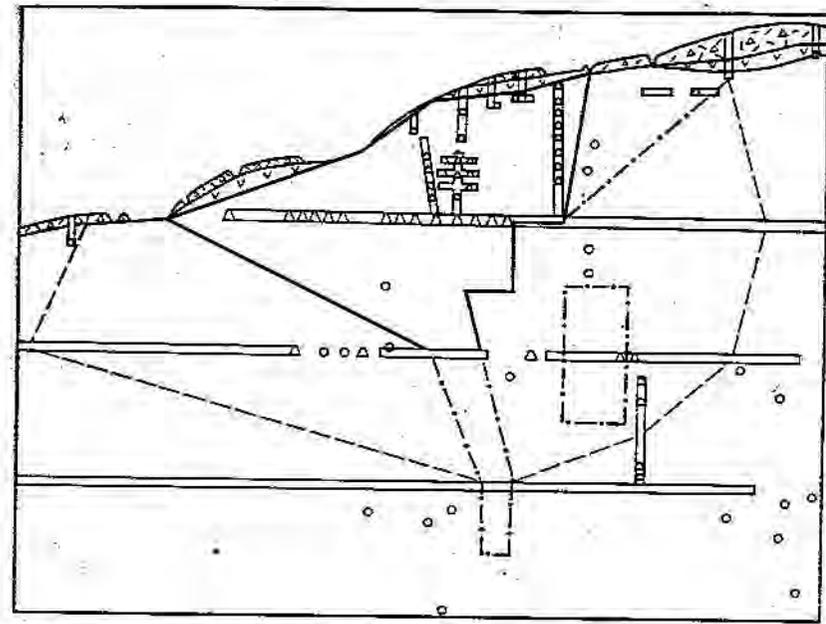


Рис. 16. Система разведки и оконтуривание запасов рудного тела жильного типа (Месторождение 2).

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — зона «Экран»; 3 — подземные горные выработки; 4 — канавы; 5 — скважины; контур запасов; 6 — категории С₁; 7 — категории С₂; 8 — забалансовых

Поисковые работы на месторождении, предусматривающие оценку отдельных жил и зон с поверхности, проводились одновременно со съемкой в масштабе 1 : 50 000. В центральной части рудного поля через 5—15 м проходились канавы, а по обнаруженным жилам — отдельные шурфы. На флангах канавы задавались через 60—80 м.

На стадии поисково-оценочных работ проводилась геологическая съемка рудного поля в масштабе 1 : 10 000 и проходились магистральные канавы через 200—400 м. Известные и вновь открытые рудные жилы и зоны изучались короткими канавами и траншеями. По наиболее перспективным рудным телам задавались небольшие штольни в 50—60 м от поверхности, на 30—50 м ниже горизонта штолен рудные тела прослеживались двумя-тремя скважинами. В процессе поисков и поисково-оценочных работ были установлены почти все рудные тела и рекомендовано проведение предварительной разведки месторождения для изучения рудных тел на глубину и детализации разведочных работ с поверхности на участках наиболее продуктивных рудных жил и зон. Главный объем работ на стадии предварительной разведки составляла проходка подземных горных выработок в пределах одного горизонта, объем бурения всего в два раза превышал объем горных работ.

Кроме штреков проходили квершлаг и квершлагные штольни, пересекающие рудные тела (см. рис. 15 и 16). В результате было обнаружено скрытое рудное тело Первое. Сокращение сроков и объемов предварительной разведки привело к концентрации работ на самых богатых участках рудных тел и слабой изученности флангов и глубоких горизонтов основных рудных тел и зон и, как следствие, к малым запасам категории С₂. Колонковое бурение проводилось только на участке горных работ, что обусловило низкую его эффективность для целей разведки и прироста запасов.

На стадии детальной разведки штольни проходили через 50 м на двух—пяти горизонтах. Почти все жилы непрерывно прослеживались по простиранию траншеями на поверхности и штреками в подземных горных выработках; интервал опробования составлял 2,5—3 м. Менее продуктивные тела и фланги основных жил изучались с помощью канав, а в подземных горизонтах — рассечками, квершлагами и скважинами через 20—40 м, редко 60 м и более. При значительной мощности жил проходились короткие рассечки через 5—10 м. Для пересечения мощных золотоносных зон и зон гидротермальных изменений проходились удлиненные рассечки через 20—40 м. Данная система и густота сети исключали пропуски рудных тел и обеспечивали подсчет запасов по категории С₁. Для обоснования запасов С₁ выше и ниже последних горизонтов бурили веера из четырех—шести скважин с расстоянием между ними 20—40 м. Фланги и глубокие горизонты изучались скважинами по сети $(80 \div 160) \times 50$ м. В крупных телах и в основном в пределах рудных столбов проходились один-два восстающих (по одному-два на горизонте) не ближе 80 м друг от друга.

Блокировка запасов по рудным телам осуществлялась на вертикальных проекциях. Подсчет запасов производился методом геологических блоков, оконтуривание которых выполнялось с учетом сохранения их геологической однородности.

К категории С₁ относились запасы в блоках, оконтуренных через 50 м горизонтами штолен с непрерывным прослеживанием штреками по простиранию и позабойным опробованием через 2,5—5 м или с пересечением отдельными секущими выработками и скважинами через 10—40 м. На глубоких горизонтах запасы категории С₁ подсчитываются по результатам бурения; высота блоков с запасами категории С₁ не должна превышать высоты двух этажей. По категории С₁ квалифицируются запасы и в блоках, оконтуренных с поверхности траншеями или канавами через 20 м, а на глубину до 100 м скважинами, пробуренными не менее чем через 60 м по простиранию. Допускалась экстраполяция запасов С₁ на 50 м по простиранию протяженных рудных тел, разведанных штреками или траншеями, и на 25 м по простиранию мелких невыдержанных рудных тел (см. рис. 15 и 16). Внешние контуры блоков с запасами категории С₁ проводили по горным выработкам и скважинам, вскрывающим промышленное оруденение. Интерполяция границ блоков допускалась только между забоями штреков и рассечками, пройденными не более чем через 10 м.

Запасы категории С₂ подсчитывались по данным редкой сети выработок или скважин, а также путем подвески к блокам категории С₁ на 50—100 м. Средние значения подсчетных параметров блоков категории С₂ устанавливались по данным разведочных сечений или на них распространялись параметры соседних блоков категории С₁. Подсчетные параметры блоков категории С₂, оконтуренных ниже горизонта горных работ, принимались равными или ниже таковых по блокам, разведанным горными выработками. В контурах, детально изученных горными выработками, данные бурения не учитывались при оконтуривании, выводе средних значений при подсчете запасов.

Основной вид опробования — бороздовое с сечением 10×5 см и длиной секции не более 1 м. При мощности жил 0,3—0,5 м отбиралась двойная бороздовая проба, а менее 0,3 м — задиговая проба. Опробовались также все измененные породы и зальбанды жил. В рудных интервалах отбирались пробы по обеим стенкам подземных горных выработок (рассечек, квершлагов, шурфов). Керн опробовался на всю мощность гидротермально измененных пород метровыми секциями. Надежность бороздового опробования проверялась путем отбора смежных проб большого сечения. Заверка бороздового и кернавого способов проводилась валовым опробованием. Керновое опробование сопоставлялось с бороздовым прямым и косвенным способами. Установлено, что надежное определение средних содержаний золота по результатам бурения обеспечивается при выходе керна более 80 %. В случае меньшего выхода керна наблюдалось систематическое занижение содержаний.

Средние содержания золота в сечениях определялись взвешиванием на длину проб, а в блоках — взвешиванием на длину сечения (иногда на длину рудных интервалов). Средняя мощность в блоках рассчитывалась среднеарифметическим способом. Если сеть опробования по ограничивающим сторонам блока была неравномерна, то стороны разделялись на равновеликие по длине отрезки, которые вводились в подсчет как отдельные разведочные пересечения. Ограничение ураганных проб в блоках проводилось по методике ГКЗ СССР (10 % от суммы метрограмма в блоке или группе блоков).

ГКЗ СССР отметила следующие недостатки в проведении разведочных работ:

- рудное поле имеет разную степень изученности, основные объемы работ проведены в его центральной части;
- факторы рудоконтроля и особенности размещения богатых и бедных участков в жилах изучены лишь в общих чертах;
- нарушена стадийность работ, низкая общая эффективность горных выработок;
- недостаточно использовались расчистки, траншеи и магистральные квершлаг для разведки;
- недостаточное обоснование плотности разведочной сети;
- окончательно не выяснены представительность кернавого опробования, так как сопоставления проведены в малых объемах

и для руд с низкими содержаниями; нет сравнения данных по керну и шламу (в результате скважины использованы только для подсчета запасов категории C_2);

— неравномерность сети скважин и наличие пересечений, опробованных не на полную мощность;

— включение в контур подсчета запасов некондиционных участков по простиранию жил;

— недостаточный учет характера распределения золота при выделении блоков с богатым оруденением;

— в ряде случаев необоснованное увеличение площади блоков категории C_2 .

В связи с этим был произведен пересчет запасов по блокам.

2. Месторождения типа жильных зон

Месторождение 3. Площадь рудного поля сложена вулканогенными породами нижнего палеогена, перекрывающими терригенные отложения мезозоя. Оно ограничено с трех сторон разломами, а с юго-востока — контактом гранитоидного массива, прорывающего вулкано-купольные структуры. Массив погружается на северо-запад и его кровля ограничивает на глубине золотое оруденение (рис. 17).

Рудное поле делится на две части крупным разломом северо-восточного простирания. Юго-восточная часть, где преобладают породы фундамента, приподнята, вулканиты сосредоточены только в локальных структурах северо-восточного простирания. Северо-западная часть опущена и отличается широким развитием вулканитов. Многочисленные нарушения северо-восточного и северо-западного направлений обуславливают блоковую структуру рудного поля. Рудные зоны северо-восточного простирания приурочены к границам блоков и фиксируются выходами кварцевых жил в узких зонах локальной низкотемпературной пропилитизации, наложенной на площадную среднетемпературную пропилитизацию, охватившую всю вулканогенную толщу (рис. 18).

Кварцевые жилы и околожильные кварцевые метасоматиты слагают внутреннюю часть зон, а кварц-серицитовые породы — внешнюю. Наиболее продуктивные участки зон располагаются в местах пересечения их с жерловыми фациями вулканитов. Продуктивные те блоки, где кровля гранитоидов залегает на значительной глубине. Жильные зоны имеют протяженность до 6 км при ширине более 50 м. Со стороны висячего бока зоны наблюдаются серии параллельных коротких кварцевых жил, образующих линейные штокверки шириной до 300 м. Промышленные тела приурочены к кварцевым частям зон, отличаются большой протяженностью по простиранию и падению (соотношение мощности и длины от 1:30 до 1:70), но серии пострудных даек и нарушений северо-западного простирания разбивают их на отдельные небольшие блоки с амплитудами смещения 10 м и более. Самое крупное тело имеет жиллообразную линейно-вытянутую форму и крутое падение. Протя-

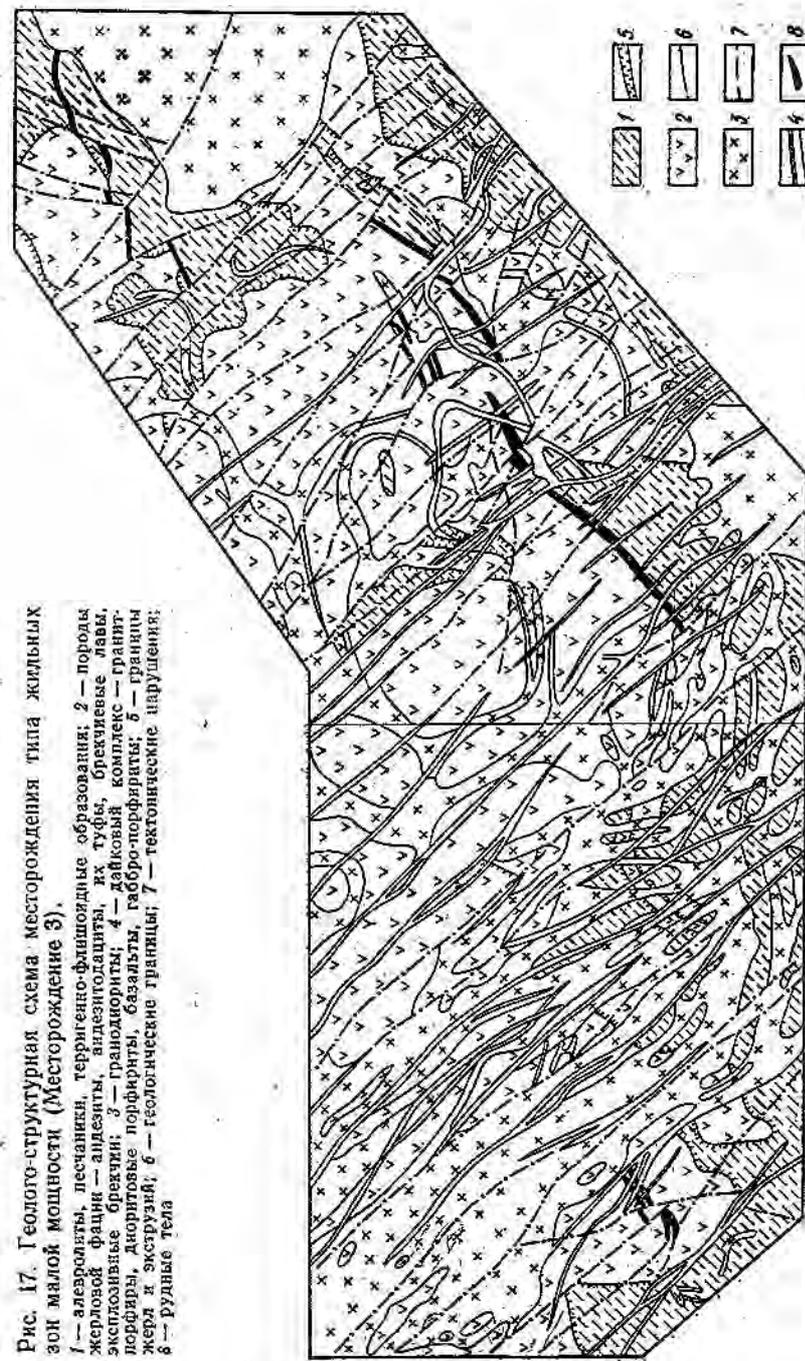


Рис. 17. Геолого-структурная схема месторождения типа жильных зон малой мощности (Месторождение 3).

1 — аллювиалы, песчаники, терригенно-осадочные образования; 2 — породы порфиры, обесцвеченные лавы, взрывчатые брекчии, андезиты, андезитоиды, их туфы, брекчированные лавы, взрывчатые брекчии; 3 — гранитоидный комплекс; 4 — дайковый комплекс; 5 — гранит-порфиры; 6 — базальты, габбро-порфиры; 7 — границы жерл и структур; 8 — геологические границы; 9 — тектонические нарушения; 10 — рудные тела

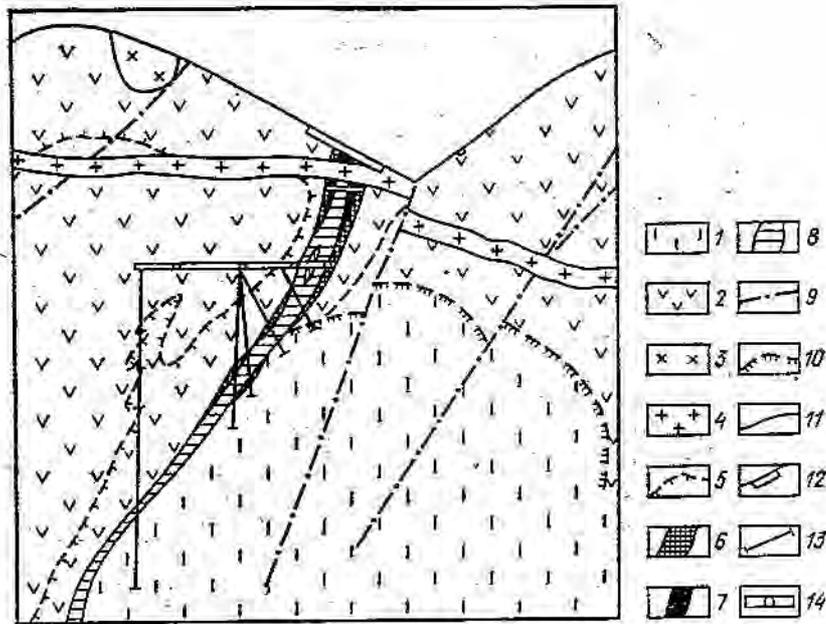


Рис. 18. Геологоразведочный разрез месторождения типа жильных зон малой мощности (Месторождение 3).

1 — алевриты, песчаники; 2 — породы жерловой фации: андезитодациты, их туфы, брекчиевые лавы, эксплозивные брекчии; 3 — гранодиориты; 4 — дайки гранит-порфиров; 5 — граница ороговывания пород — жильные породы и метасоматиты; 6 — хлорит-серицит-кварцевые породы; кварц; 7 — тонкозернистый метасоматический, 8 — мелкозернистый с сульфидами и золотом; 9 — тектонические нарушения; 10 — границы жерл и экструзий; 11 — геологические границы; 12 — каналы; 13 — скважины; 14 — подземные горные выработки

женность его по простиранию более 400 м, по падению 350 м. Мощность колеблется от 1,5 до 44 м. Рудное тело обладает довольно простой морфологией, пережимы и раздувы редки. При снижении бортового содержания контуры рудных тел становятся еще более простыми и практически совпадают с контурами кварцевых зон. Богатые руды чаще располагаются в лежащем боку рудного тела. Среди них выделяются обогащенные струи длиной 50—100 м при мощности от 2 до 8 м, разделенные полосами бедных руд, что создает струйчато-полосчатый характер оруденения. В продольной проекции рудное тело полого склоняется на юго-запад под углом 30° (рис. 19).

Количество сульфидов в рудах не превышает 1,5%. Главные рудные минералы — пирит, халькопирит, блеклые руды, золото; жильные — кварц, кальцит, родонит, адуляр, гидрослюды, серицит и др. Распределение золота в рудах неравномерное, коэффициент вариации достигает 100%. Месторождение по морфологии и степени изменчивости золотого оруденения относится к III группе по классификации ГКЗ СССР.

Исходя из особенностей месторождения была выбрана следующая методика разведки. На стадии поисково-оценочных работ руд-

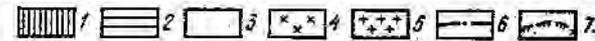
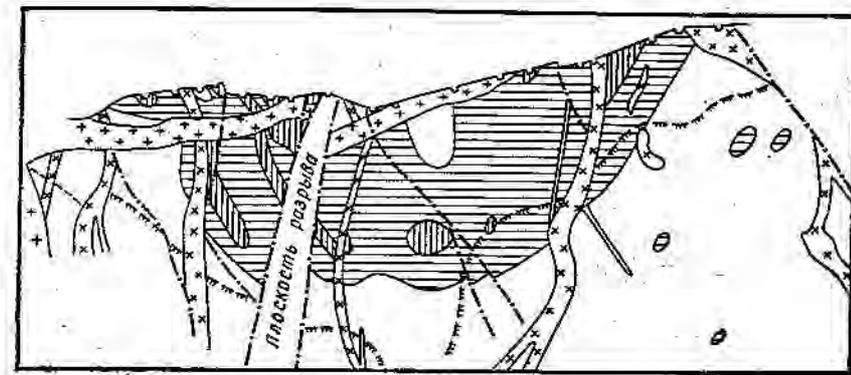


Рис. 19. Закономерности распределения полезного компонента на вертикальной плоскости (Месторождение 3).

Руды: 1 — богатые, 2 — рядовые, 3 — бедные; 4 — гранодиориты; 5 — дайки гранит-порфиров; 6 — разрывные нарушения; 7 — границы жерл и экструзий.

ные зоны изучались с поверхности канавами и траншеями. Магистральные каналы задавались с учетом пересечения всей ширины метасоматических изменений через 160 м по простиранию; длина канав от 100 до 650 м, глубина в среднем 3 м. После установления промышленного золотого оруденения сеть канав длиной 30—80 м сгущалась до 20—40 м, а на флангах до 80 м. Учитывая большое количество секущих даек и нарушений, по которым происходили подвижки, часть поверхностных выработок проходила по простиранию для прослеживания рудных тел (траншеи и расчистки) или сгущалась сеть канав до 10 м. С целью изучения рудных тел на глубину задавались отдельные штольни, ниже которых рудные тела пересекались единичными скважинами на глубине 250—300 м.

На стадии предварительной разведки горизонты штолен задавались через 80 м, рассечки через 20 м в одних профилях с канавами. Скважины бурили по сети 80×(50÷60) м. Такая система обеспечивала получение вертикальных разведочных сечений через 80 м.

На стадии детальной разведки штольни задавали через 40 м по вертикали, восстающие через 60—80 м по простиранию. Из штолен проходились рассечки через 20 м, некоторые из них заменялись короткими горизонтальными скважинами. Число разведочных горизонтов на каждом рудном теле колебалось от 1 до 4. Подземное наклонное бурение внутри блоков проводилось в небольших объемах для уточнения положения даек и разломов, а также поисков скрытых жил (см. рис. 18, рис. 20). С этой же целью применялись геофизические методы: радиопросвечивание (РП), высокочастотная электромагнитная корреляция (ВЭМК) и др. Сеть скважин для разведки запасов категории С₁ была равна 40×50 м. Колонковое бурение широко использовалось для оперативного направления

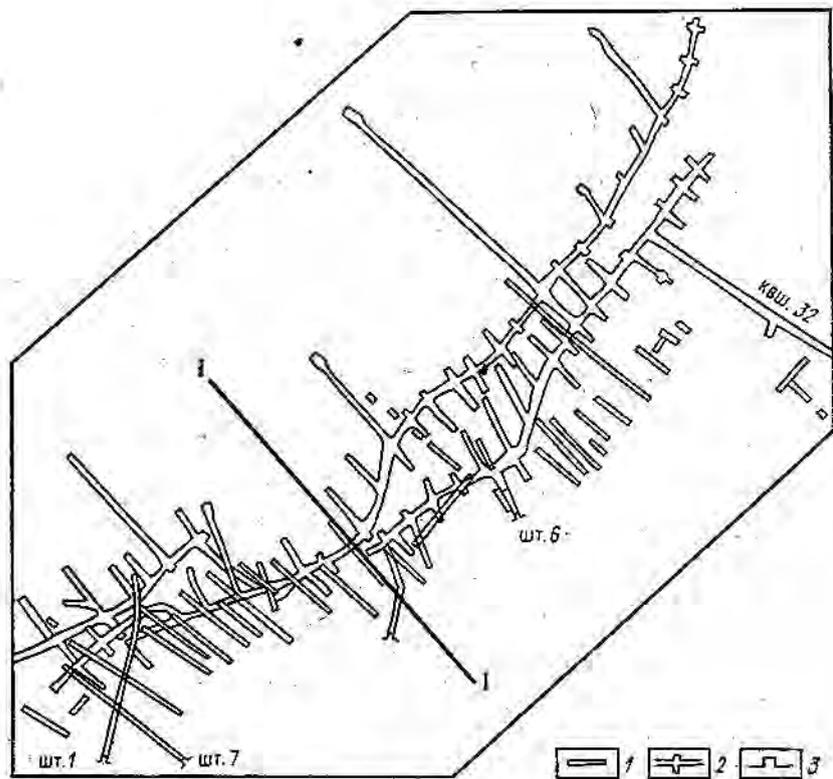


Рис. 20. План горных выработок (Месторождение 3).
1 — каналы; 2 — подземные горные выработки; 3 — устья штолен

разведочных работ, а также разведки рудных тел на флангах и ниже горизонтов горных работ.

Оконтуривание рудных тел в сечениях производилось по данным опробования. Основной вид опробования — бороздвое с сечением пробы 10×5 см и длиной секции от 0,3 до 1,4 м. В подземных выработках опробовались обе стенки; забой опробовались через 3—5 м. При оконтуривании данные опробования противоположных стенок рассечек учитывались отдельно. Если результаты опробования противоположных стенок сильно различались, то в таких случаях оконтуривание в плане производилось с учетом среднего содержания проб, отобранных с разных сторон. В восстающих опробовались две стенки через 2 м по восстанию. В канавах и траншеях пробы отбирались по полотну выработок.

Для определения надежности выбранного сечения борозд осуществлялось контрольное опробование бороздами сечением 20×5 см, которое подтвердило достаточную надежность принятого сечения. Данные рядового опробования сопоставлялись также с результатами технологического опробования. В большинстве слу-

чаев содержание золота в технологических пробах было выше, чем в бороздовых на 5,3—63,3 %. Надежность kernового опробования подтвердилась результатами опробования горизонтальных скважин и стенок сопряженных рассечек. При сравнении содержаний по керну и шламу установлено отсутствие избирательного истирания.

При подсчете запасов применялся метод геологических блоков. В его основу положены естественные геологические границы — секущие дайки и разломы. По высоте блоки ограничивались горизонтами штолен. К категории В отнесены запасы в блоках, ограниченных с трех-четырех сторон горизонтами штолен и восстающими; высота блоков не более 40 м, к запасам категории С₁ — блоки высотой 80 м, ограниченные с двух сторон, а также блоки ниже последнего штольневых горизонтов, разведанные скважинами на горизонтах 80—160 м. К ним подвешивались блоки с запасами категории С₂, опирающиеся на единичные скважины. Для соблюдения сплошности рудных тел в контур балансовых запасов иногда включались сечения ниже лимита, принятого для оконтуривающей выработки. Все подсчетные параметры вычислены как средневзвешенные. Ограничение ураганных проб производится по методике П. Л. Каллистова. Влияние площадей безрудных даек в пределах блоков учитывалось с помощью коэффициента рудоносности.

ГКЗ СССР отметила следующие основные недостатки при проведении разведочных работ:

- недостаточно изучены внутреннее строение рудных тел и рудоконтролирующие факторы, определяющие размещение оруденения, особенно участков богатых и бедных руд; не выяснено влияние даек различной мощности на интенсивность оруденения;

- различная степень разведанности рудных тел;

- не решен вопрос (не проведены работы) о возможности и достоверности буровых работ, плотности сети скважин для запасов категории С₁;

- не обосновано выбранное расстояние между горизонтами в 80 м; для некоторых тел пройдено недостаточно штреков и восстающих для подтверждения сплошности оруденения;

- в сложных участках не проведено сгущение канав и рассечек до 10 м;

- в некоторых случаях опробование осуществлено не на полную мощность и с различной высотой отбора проб; забой штреков не опробованы, что не позволяет оценить влияние даек на распределение оруденения;

- не проведено обоснование оптимального сечения борозды, и применяемый способ опробования не заверен валовыми пробами;

- не выполнены работы по выяснению достоверности бурения, в результате данные по скважинам в ГКЗ СССР исключены из подсчета запасов;

- подсчет запасов выполнен без учета геологических границ и установленных закономерностей в размещении оруденения в пределах рудных тел;

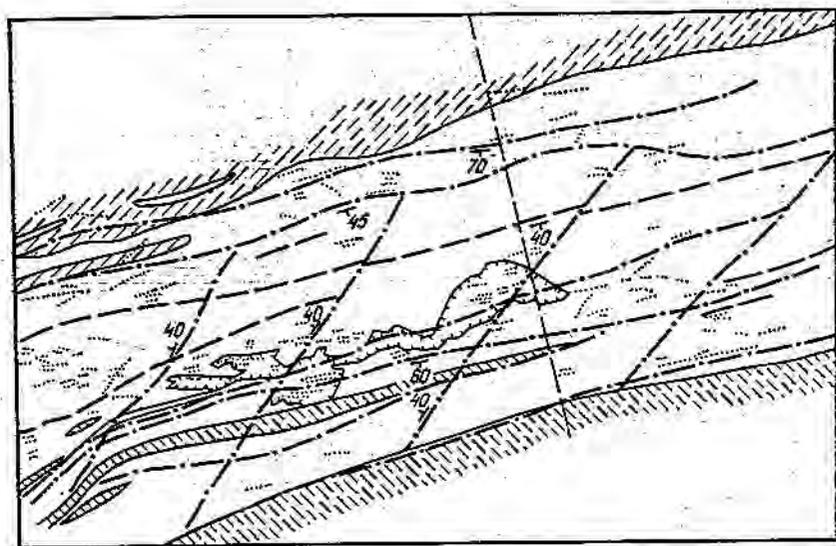


Рис. 21. Схема геологического строения месторождения типа жильных зон (Месторождение 4).

1 — сланцы хлоритовые, глинистые, углистые, редкие прослои известняков; 2 — филлиты; 3 — филлиты и филлитовые сланцы; 4 — кварцевые жилы и прожилки; 5 — границы разновозрастных образований; разрывные нарушения: 6 — первого порядка, 7 — второго порядка; 8 — проекция контура отработки рудных зон на дневную поверхность; 9 — линия разреза; 10 — элементы залегания пород

— дайки мощностью менее 4 м не исключены из подсчета запасов.

При дальнейшей разведке месторождения было рекомендовано учесть указанные недостатки.

Месторождение 4. Месторождение контролируется мощной зоной тектонитов северо-западного простирания, приуроченной к северо-восточному крылу синклинальной структуры. Вмещающие породы представлены филлитами и филлитизированными сланцами, которые в значительной степени дислоцированы в складки различных порядков. Системой поперечных субширотных нарушений, падающих под углами 45—55° на северо-запад, месторождение разбивается на ряд крупных блоков (рис. 21).

Многочисленные кварцево-жильные образования сгруппированы в жильно-прожилковые зоны, которые, сближаясь и сочленяясь, образуют протяженную и мощную зону жильно-прожилкового прокварцевания. По вертикали она располагается ярусами, стержневые части которых характеризуются наибольшими мощностями (до 350 м) и повышенным количеством жильного кварца. Ярусы имеют общее юго-восточное склонение под углами 10—20°. Вскрыты три яруса, расстояние между стержневыми частями которых составляет 350—500 м по вертикали (рис. 22).

Кварцево-жильные образования сложены на 90—98 % молочного-белым крупнозернистым кварцем с непостоянной, в общем незначительной, примесью серицита, хлорита, альбита и карбонатов. Сульфидная минерализация в виде вкрапленности, гнезд и прожилков составляет 1—3 % и представлена пиритом, пирротинном, арсенопиритом, сфалеритом, галенитом и халькопиритом. С ранней стадией сульфидов (крупнозернистые разности пирита и арсенопирита) связано тонкодисперсное золото. Главная же масса видимого золота ассоциирует с галенитом, сфалеритом, мелкозернистым пиритом и пирротинном, составляющими позднюю основную продуктивную ассоциацию сульфидов. Золото от крупного до пылевидного; наиболее крупные его выделения группируются в гнезда и образуют «кусты». Форма золотин комковатая и пластинчатая. Золото обычно приурочено к приконтактовым зонам кварцево-жильных образований, нередко к сланцевым включениям и сульфидам в жильном кварце.

По количественному соотношению жильного кварца и сланцев типы руд подразделяются на существенно кварцевые, кварцево-сланцевые и существенно сланцевые. Степень золотонности руд находится в прямой зависимости от сложности жильного узора и минерального состава сульфидов. Наиболее высокая продуктивность промежуточного типа руд с полисульфидным составом. Границы промышленного оруденения устанавливаются главным образом опробованием, но могут быть определены также по относительно повышенной кварценности и распространению продуктивной ассоциации.

В пределах яруса, вскрытого горными выработками, выделяются пять крупных жильно-прожилковых зон. Мощность их от 1 до 60 м (в раздувах). Изменчивость мощности зон более высокая по вертикали, чем по простиранию. По простиранию зоны ограничиваются и смещаются широтными нарушениями.

По степени насыщенности, морфологии и взаимному расположению кварцево-жильных образований выделяются участки, сло-

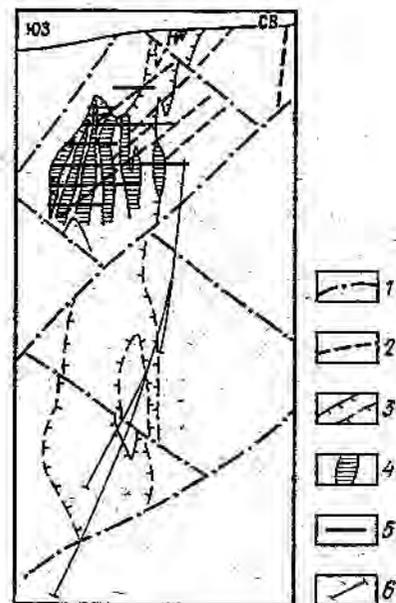


Рис. 22. Схематичный геологоразведочный разрез месторождения типа жильных зон с многоярусным размещением оруденения (Месторождение 4).

Разрывные нарушения: 1 — первого порядка, 2 — второго порядка; 3 — граница выклинивания оруденения; 4 — промышленные рудные тела; 5 — разведочные подземные горные выработки; 6 — скважины

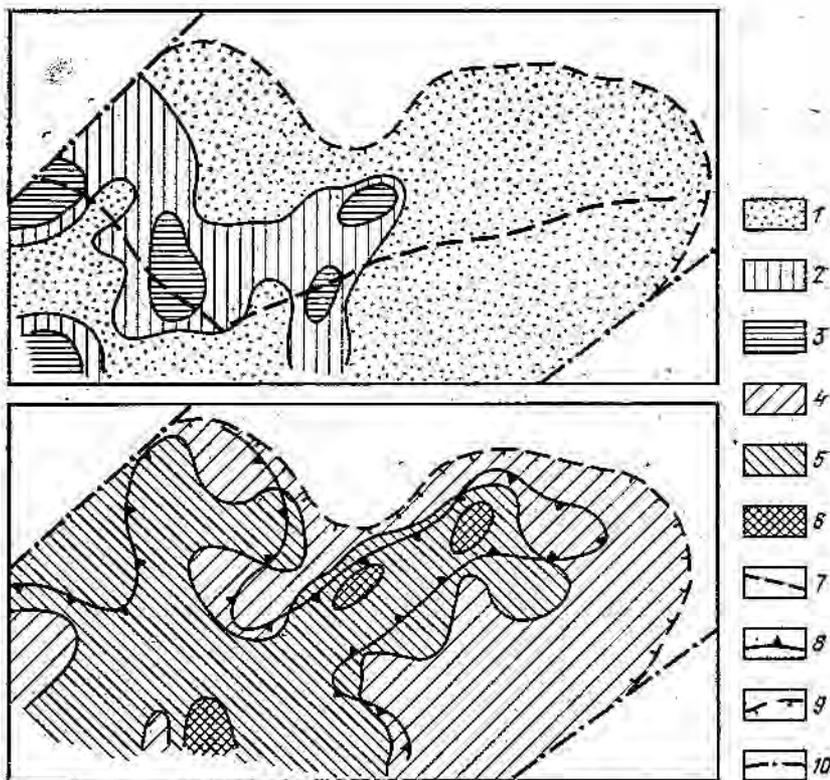


Рис. 23. Вертикальная проекция основной жильно-прожилковой зоны (Месторождение 4).

Кварценость: 1 — низкая, 2 — средняя, 3 — высокая; Руды: 4 — бедные, 5 — рядовые, 6 — богатые; 7 — условная линия максимального раздува мощности зоны; 8 — область повышенной сложности жильного узора зоны; 9 — граница выклинивания оруденения; 10 — нарушения первого порядка

женные сериями сближенных, разнообразных по форме кварцевых жил и прожилков (первый тип рудных тел), а также участки, почти нацело сложенные массивным кварцевым ядром с жильно-прожилковым обрамлением (второй тип рудных тел). Рудные тела первого типа характеризуются пониженной кварценостью, повышенной сложностью жильного узора и развитием сложных линзовидных форм. Рудные тела второго типа отличаются более простым жильным узором, повышенной кварценостью, большими мощностями и седловидными формами.

Распределение золота в рудах весьма неравномерное: на общем фоне весьма бедных по содержанию руд выделяются небольшие участки с высокими содержаниями золота, на которые приходится около 90 % всех запасов металла. Участки богатых руд приурочены к жильно-прожилковому обрамлению кварцевых ядер или к участкам концентрации кварцевых жил и прожилков. Обогащенные участки часто образуют рудные столбы, которые вытянуты по вертикали и имеют северо-западное склонение (рис. 23).

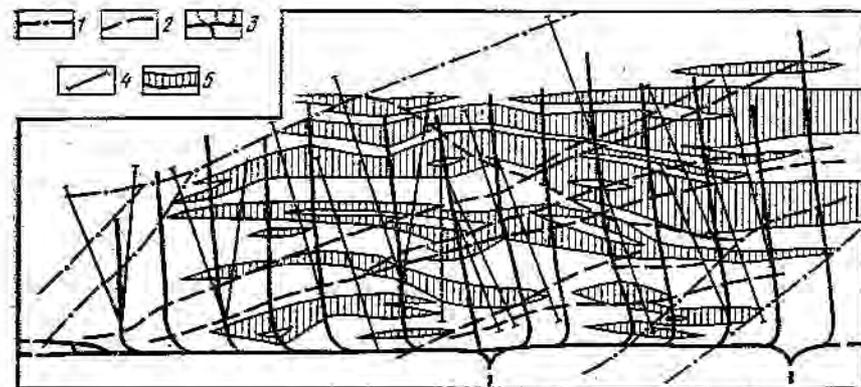


Рис. 24. План горизонта разведочных работ на месторождении типа жильных зон (Месторождение 4).

Разрывные нарушения: 1 — первого порядка, 2 — второго порядка; 3 — подземные горные выработки; 4 — скважины подземного бурения; 5 — контуры промышленных руд

На начальном этапе освоения месторождение вскрывалось горизонтами штолен, из которых проходились штреки и серии расщечек (ортов). Сеть их варьировала от 100 до 20 м. Глубокие горизонты вскрывались шахтами, из которых проходились штреки с системой квершлаггов по сети 50—100 м. Расстояния между горизонтами не превышали 50 м.

В последние годы разведка глубоких горизонтов месторождения проводится комбинированным способом: горными выработками и колонковым бурением (рис. 24).

Объемы бурения в три-четыре раза превышают объемы горных работ. Сеть разведочных горных выработок 50—100 м по простиранию и 25—50 м по падению жильно-прожилковых зон. Скважины бурились в межквершлагговых пространствах с целью уточнения контуров рудных тел, в связи с чем плотность сети достигала 25×25 м. Для опонскования флангов месторождения скважины бурили через 100—200 м. Данные бурения из-за их малой надежности при подсчете запасов по категории C_1 не использовались. Однако заверка результатов бурения проходкой горных выработок показала, что занижение содержаний золота по скважинам обусловлено не низким качеством бурения (выход керна в среднем 95,2 %), а неверным подходом к опробованию руд: применялся селективный способ опробования, т. е. опробованию подвергался только жильный кварц. Учитывая обогащенность золотом контактов жильных тел в пробы отбирали образцы из призальбандовых зон вмещающих пород мощностью 5—10 см.

Плотность и равномерность расположения проб в случае селективного опробования обусловлены внутренним строением, морфологией и расположением кварцево-жильных образований. В рудных телах первого типа при селективном опробовании применялась прерывистая борозда различной ориентировки, а длины отдельных

проб варьировали от десятков сантиметров до первых метров. В рудных телах второго типа сеть опробования характеризуется одинаковой плотностью и непрерывностью расположения проб, постоянством длины секций. Выработки вкрест простирания и восстающие опробовались по двум стенкам; выработки по простиранию позабодно через 3—5 м. Обычно бороздовые пробы располагались в две линии, и материал проб по каждому интервалу объединялся в одну пробу. Поперечное сечение бороздовых проб $0,1 \times 0,015$ м. По керну опробовались интервалы жильного кварца или прожилкования. Пробы шлама отбирались при выходе керна менее 70 %.

Анализ сопоставления результатов сплошного (пробы отбирались непрерывными секциями метровой длины в несколько параллельных линий по стенкам горных выработок) и селективного опробования показал общую высокую погрешность оценки средних содержаний при опробовании руд селективным способом. При этом погрешности селективного опробования обусловлены внутренним строением рудных зон. На участках с системой кварцевых жил и прожилков сложной морфологии селективное опробование приводит к систематическому занижению содержаний, а на участках, сложенных сериями разобщенных, относительно простых по форме жил, — к систематическому завышению средних содержаний по разведочным пересечениям.

Рудные тела оконтуриваются на поперечных вертикальных разрезах и погоризонтных планах. Блокировка запасов осуществлялась на продольных вертикальных проекциях. В случае оконтуривания по мощности жильно-прожилковых зон наибольшие погрешности связаны с установлением контуров рудных тел, особенно при чередовании сложных по морфологии кварцевых образований и участков сланцев. Оконтуривание руд по периферии жильных зон нередко приводит к включению вмещающих пород в контуры рудных тел или исключению отдельных жильных тел повышенной продуктивности из таких контуров. Коэффициенты вариации содержаний по селективному и сплошному опробованию равны соответственно 231 и 129 %.

Запасы месторождения подсчитывались способом эксплуатационных блоков, а в отдельных случаях — способом геологических блоков. К категории В относились запасы в блоках, оконтуренных с трех или четырех сторон (для маломощных рудных тел). В мощных участках жильно-прожилковых зон к категории В отнесены запасы, заключенные в межкамерных целиках и оконтуренные стенками камер на всю мощность оруденения. К категории С₁ относились запасы в блоках, оконтуренных по редкой сети разведочных выработок, пройденных между опорными горизонтами (квершлага, орты по простиранию через 50 м и по падению через 25—50 м), а также запасы в блоках, подсчитанные ниже или выше горизонта горных выработок. Для коротких жильных участков высота подвески блоков с запасами категории С₁ не превышает 10—15 м. Для более крупных тел запасы категории С₁ подвешивались на 25 м.

Запасы категории С₂ подвешивались ниже блоков с запасами категории С₁ на один эксплуатационный горизонт или более, в зависимости от результатов пересечения жильных зон скважинами. Для коротких жильных участков запасы категории С₂ подвешены на глубину 25 м ниже блоков с запасами категории С₁.

При рассмотрении результатов разведки в ГКЗ СССР отмечены следующие недостатки в проведении разведочных работ:

— недостаточно исследована поверхность рудого поля и месторождения, в связи с чем геологические карты не отражают особенностей условий залегания рудовмещающих пород и факторов, контролирующих размещение промышленного оруденения;

— не полностью изучено распределение золота в сланцевой части рудных тел, в связи с чем распределение его в пределах рудных зон и рудных тел в достаточной степени не установлено;

— несмотря на длительную эксплуатацию месторождения, остались недоизученными морфологические особенности рудных тел, характер распределения обогащенных мелких участков;

— не обобщены и не использовались для уточнения геологического строения и увязки рудных зон по простиранию и падению данные геофизических исследований;

— для заверки сплошности оруденения по простиранию и падению недостаточно использованы данные по штрекам и восстающим;

— применяемая сеть разведочных выработок на участках сложного строения не обеспечивала надежного определения подсчетных параметров, увязку промышленных интервалов и отнесение их к промышленным категориям;

— не выяснены причины значительного занижения содержаний по данным колонкового бурения;

— методически неверно проведено опробование рудных зон бороздой и задиркой по кварцевым телам, что не позволило получить полную характеристику оруденения в пределах жильных зон;

— бороздовое опробование проведено бессистемно, качество отбора проб не контролировалось;

— не выполнены опытные работы по проверке использованной схемы обработки проб, в результате чего допускалось значительное сокращение проб при крупности материала 4 мм;

— при подсчете запасов путем исключения интервалов с низкими содержаниями поднималось среднее содержание металла в блоках до минимально промышленного или включались в блоки целые группы сечений с некондиционными содержаниями; допускалось объединение (по мощности) отдельных разобщенных линз в единое тело; определение мощностей в кварцевой части рудных тел проведено не по фактическим данным опробования (из-за бессистемного расположения проб), а путем замера их на материалах первичной документации; содержание в межжильных сланцах и в призальбандовых частях жил не учитывалось;

— не проведен анализ результатов сопоставления эксплуатации и данных разведки, ранее утвержденных в ГКЗ СССР.

В результате отмеченных недостатков было выполнено повторное оконтуривание рудных тел и подсчет запасов с учетом содержания металла в оруденелых вмещающих породах кварцевых жил.

3. Месторождения типа минерализованных зон

Месторождение 5. В строении рудного поля выделяются два структурных этажа: нижний — сложен разновозрастными метаморфизованными интрузивными породами кислого и среднего состава, а также кварц-хлоритовыми сланцами, слагающими блок-ксенолит в зоне пересечения древних разломов; верхний — представлен вулканогенными породами (лавы и туфы дацитов, кварцевых порфиров, андезитовых порфиритов и др.). В нижнем структурном этаже интенсивно проявлена блоковая тектоника, в верхнем преобладают пологие складчатые деформации.

Оруденение размещается в породах нижнего структурного этажа. Главная рудовмещающая и рудоконтролирующая структура — долгоживущий разлом западно-северо-западного простирания (рис. 25), который представляет собой мощную ослабленную зону,

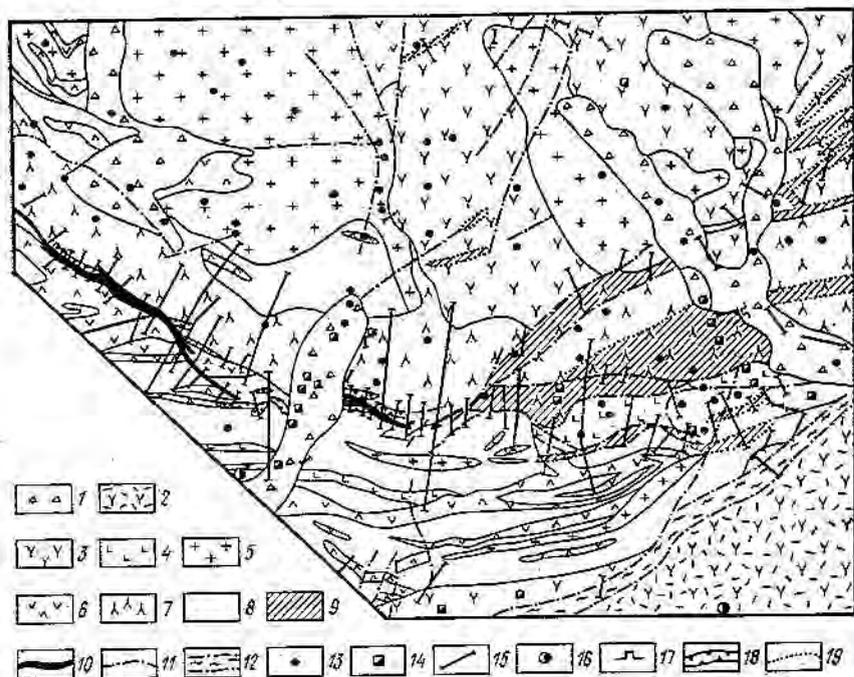


Рис. 25. Геолого-структурная схема (Месторождение 5).
 1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — субвулканическая фация трахидацитовых порфиров; 3 — покровная фация туфов, игнимбритов, туфолов, вулканогенно-осадочные породы трахидацитового состава; 4 — фельзиты; 5 — интрузии гранодиорит-порфиров, гранит-порфиров, гранитов; 6 — сиенаитовые порфиры, диоритовые порфириты; 7 — лавы, туфы и игнимбриты дацит-андезитового и андезитового состава; 8 — сланцы; 9 — кварц-серпичитовые метасоматиты; 10 — зоны повышенного окварцевания; 11 — разрывные нарушения; 12 — зоны дробления; 13 — скважины; 14 — шурфы; 15 — канавы; 16 — шахты; 17 — устья штолен; 18 — древние выработки и закладки; 19 — границы метасоматически измененных пород.

фиксируемую крупными субпараллельными и мелкими разноориентированными нарушениями, дайками, различными гидротермальными изменениями, жилами. Протяженность его около 6 км, мощность до 200 м, падение крутое с углами 50—70°. В пределах разлома находится минерализованная зона, состоящая из системы субпараллельных и ветвящихся зон окварцевания в полосе гидротермальных изменений по гранитоидам, сланцам и вулканитам (серпичитолиты, березиты, монокварцевые тела). Мощность зоны до 200 м. На западно-северо-западном фланге — это система монокварцевых тел, образующих на глубине единую зону небольшой мощности. На юго-востоке, где зона испытывает изгибы по простиранию, мощность ее с глубиной увеличивается, окварцованные участки образуют чечевицеобразную структуру — «рудоносную зону», в которой локализируются основные рудные тела. В разрезе рудоносная зона представляет собой расходящуюся книзу систему зон окварцевания вдоль тектонических трещин. К лежащему боку рудоносной зоны приурочено рудное тело 1, локализованное в зоне окварцевания, имеющей четкие тектонические границы. Протяженность зоны окварцевания свыше 1000 м, мощность на поверхности 10—20 м, с глубиной она возрастает до 60 м, а затем вновь уменьшается. На более низких горизонтах количество зон окварцевания растет. Севернее рудного тела 1 появляется зона, вмещающая второе по количеству запасов тело 10. Еще ниже по падению зоны расходятся, и между ними появляются новые зоны с рудными телами меньших размеров.

Установлены рудные тела двух морфологических типов: удлиненные ленто- и линзообразные с изгибами по простиранию и падению (рудные тела 1 и 10) (рис. 26 и 27) и небольшие по простиранию тела столбообразной формы.

Рудные тела первого типа имеют субширотное простирание и плавные дугообразные изгибы. Среди участков с рядовыми и бедными рудами выделяются обогащенные участки столбообразной формы (рис. 28 и 29), развивающиеся вдоль секущих нарушений. Протяженность рудных тел по простиранию до 350 м, по падению до 300 м. Контурные рудных тел сравнительно выдержанные, иногда отмечаются отдельные раздувы и пережимы ($V_m=50-60\%$); средняя мощность их 7—8 м. Рудные столбы имеют протяженность до нескольких десятков метров при мощности до 30 м и более. Золото в пределах столбов распределяется крайне неравномерно ($V_c=100-190\%$).

Рудные тела второго типа имеют протяженность по простиранию 100—150, а по падению 30—60 м при мощности 20—25 м. В приповерхностной части рудные столбы часто затронуты древними отработками и забутованы.

Границы рудных тел, как правило, не совпадают с границами зон окварцевания и устанавливаются только по данным опробования. Промышленное золотое оруденение тяготеет преимущественно к лежащему боку зон окварцевания и лишь на отдельных участках — к висящему. На верхних горизонтах контуры рудных тел

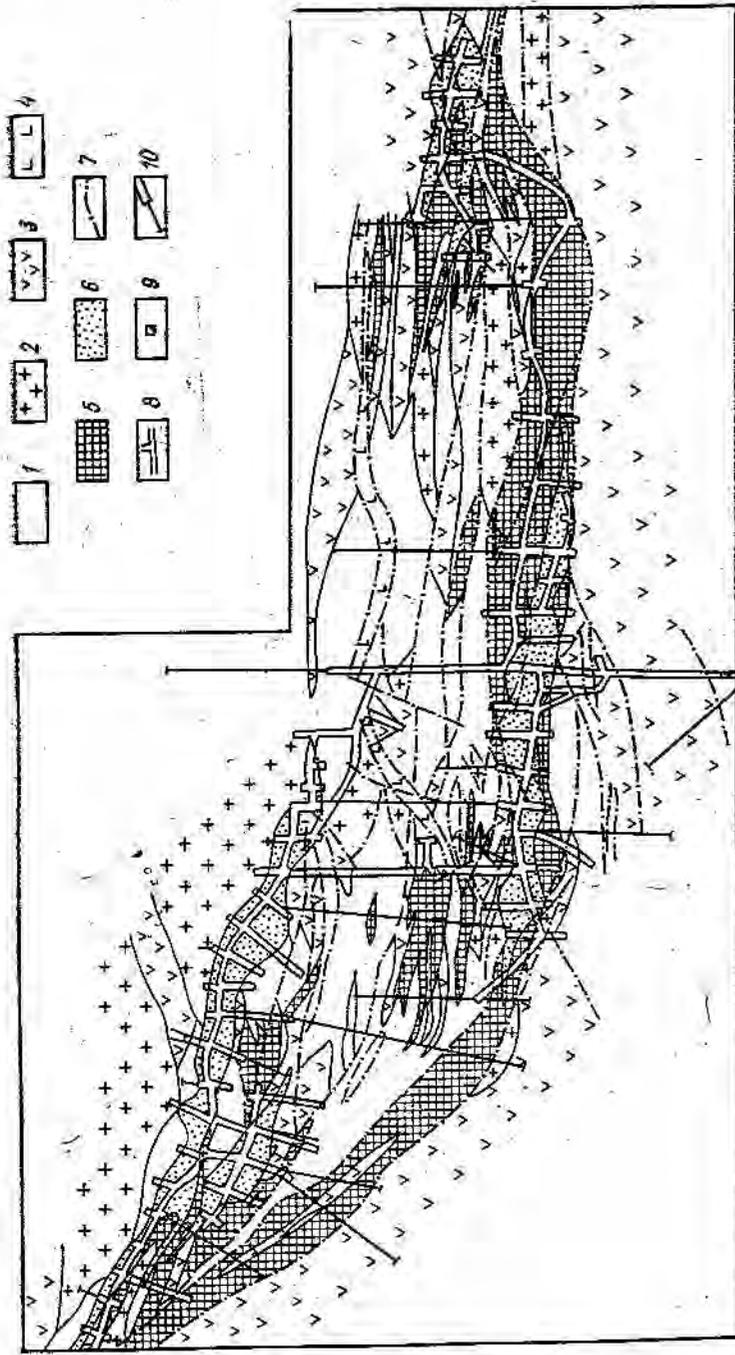


Рис. 26. Геологоразведочный план горизонта (Месторождение 5).

1 — сланцы; 2 — кислые интрузивные породы; 3 — сиенитовые порфиры и диоритовые порфиры; 4 — фельзиты; 5 — зоны окварцевания; 6 — рудные тела; 7 — разрывные нарушения; 8 — подземные выработки; 9 — шахты; 10 — скважины подземного бурения.

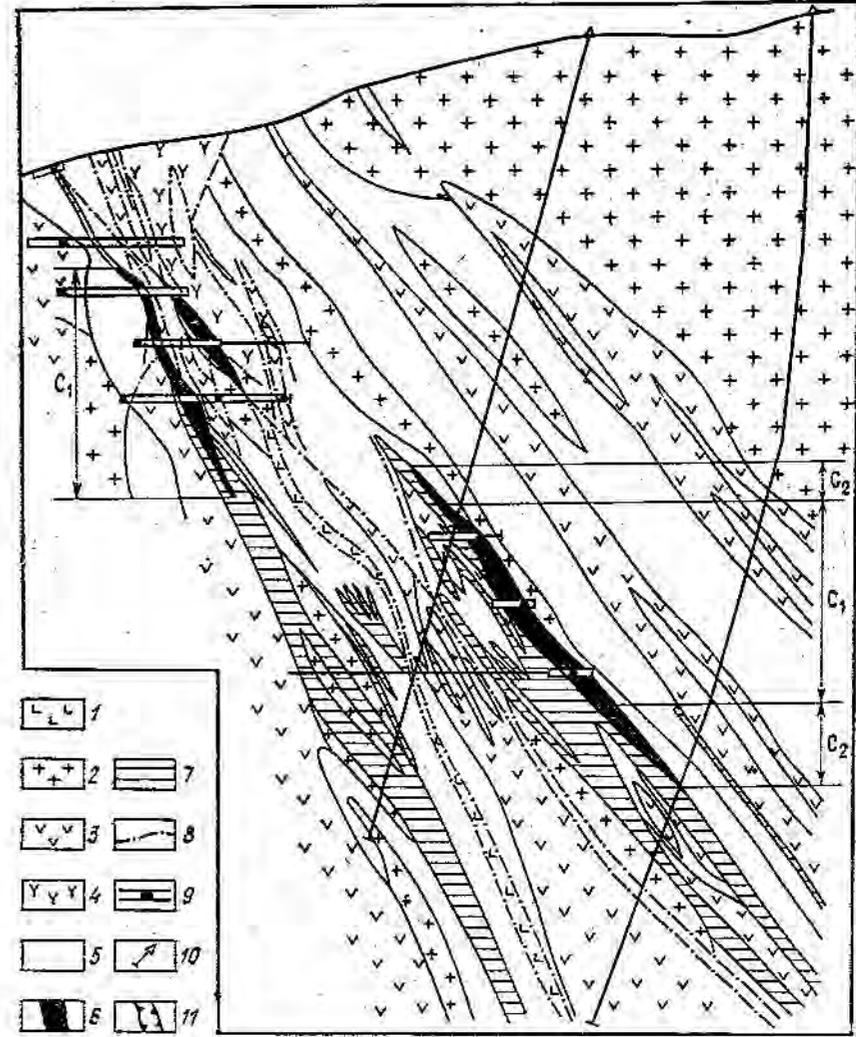


Рис. 27. Геологоразведочный разрез (Месторождение 5).

1 — фельзиты; 2 — гранодиорит-порфиры, граниты; 3 — сиенитовые порфиры, диоритовые порфиры; 4 — лавы, туфы, игнибриты дацит-андезитового и андезитового состава; 5 — сланцы; 6 — промышленные руды; 7 — зона интенсивного окварцевания; 8 — разрывные нарушения; 9 — подземные горные выработки; 10 — скважины; 11 — древние выработки.

близки к границам зон окварцевания; на нижних горизонтах мощность окварцованных пород заметно превышает мощность рудных тел. Размах оруденения по простиранию уменьшается от верхних горизонтов к нижним. Установлена вертикальная зональность рудоотложения (сверху вниз): очень богатое золото-серебряное оруденение с повышенным количеством сульфидов, сульфосолей и самородков; богатое золотое оруденение с малым количеством

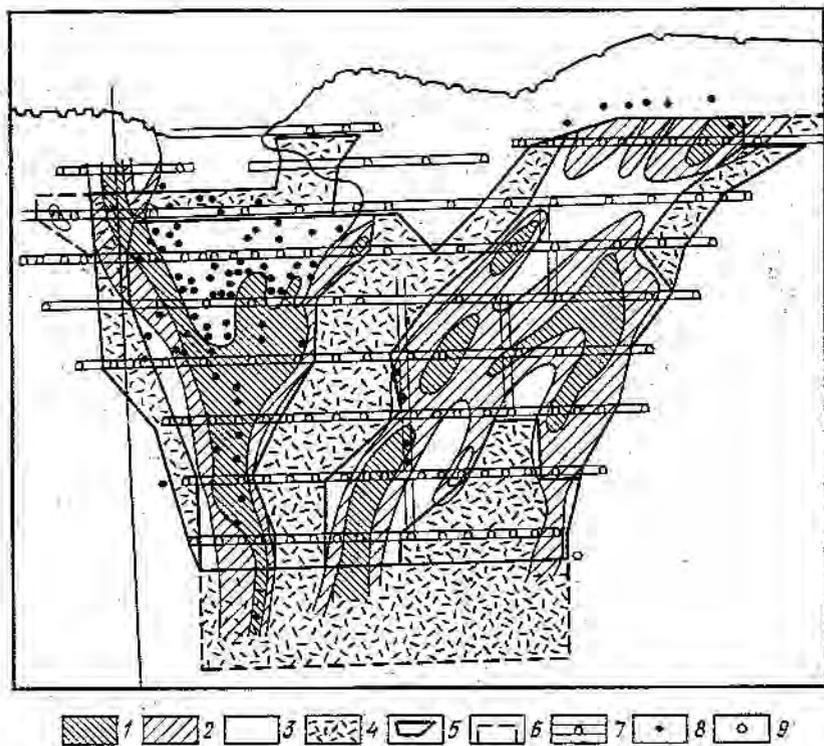


Рис. 28. Распределение полезного компонента в проекции на вертикальную плоскость (Месторождение 5).

Руды: 1 — богатые, 2 — рядовые, 3 — бедные, 4 — флюсовые. Контур запасов: 5 — категория С₁, 6 — категория С₂; 7 — подземные выработки; скважины: 8 — подземные, 9 — поверхностные

рудных минералов; средние по содержанию руды с убогой сульфидной минерализацией; бедные руды.

Содержания сульфидов в рудах от 0,5 до 5 %. Основная масса руд сложена кварцем (68—80 %), серицитом (10—18 %), карбонатом (3—8 %). Из рудных минералов отмечаются: пирит, редко халькопирит, сфалерит, галенит, аргентит. Золото в основном пылевидное.

На стадии поисково-оценочных работ основной объем исследований был связан с изучением поверхности, что позволило установить геологические границы месторождения. На участках, не перекрытых эффузивами, рудовмещающие структуры были на всем протяжении прослежены канавами и отдельными шурфами. Канавы проходились через 20—40 м по простиранию. Длина канав обуславливалась мощностью зоны окварцевания. Для выяснения распределения рудных тел на глубину бурили единичные скважины. Главный объем работ (45,2 %) приходится на картировочное и структурно-поисковое бурение.

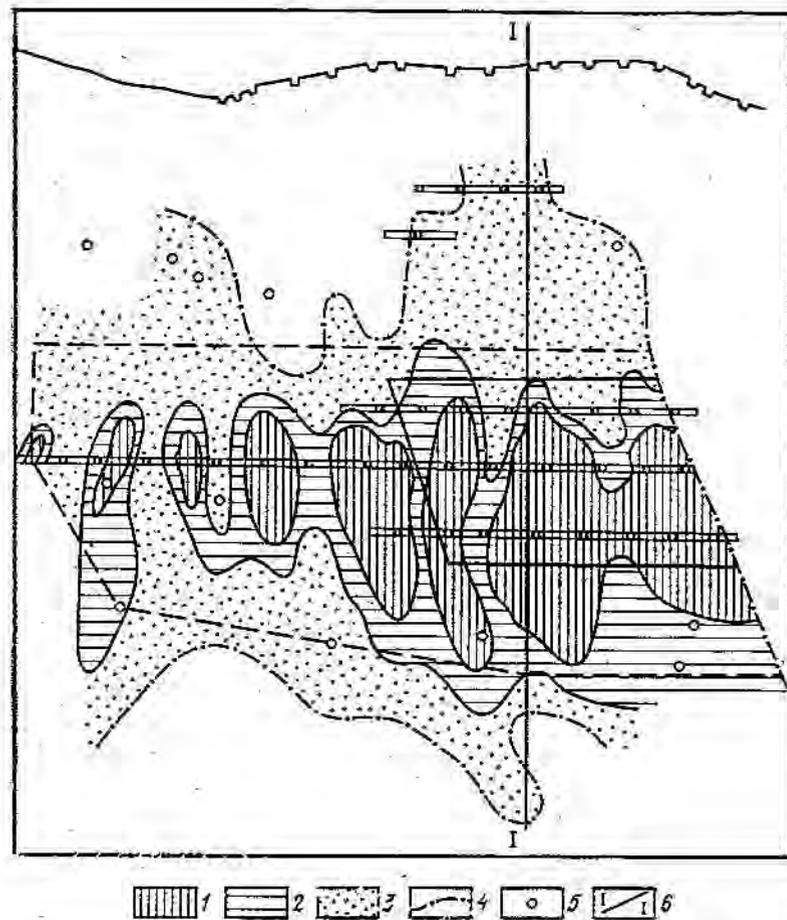


Рис. 29. Закономерности распределения полезного компонента в проекции на вертикальную плоскость (Месторождение 5).

Руды: 1 — богатые, 2 — рядовые, 3 — бедные; 4 — границы распространения оруденения; 5 — скважины; 6 — линия разреза; остальные усл. обозначения см. на рис. 28

На стадии предварительной разведки решающее значение имели подземные горные выработки — штольни, рассечки, восстающие (58 % от всего объема горных работ). Горизонты были пройдены через 40 м. По простиранию зоны и рудные тела прослеживаются штреками (см. рис. 26). Сложность горно-геологических условий (забутовка) обусловила проходку на верхних горизонтах в основном полевых штреков, рудные зоны и тела вскрывались на полную мощность квершлагами и рассечками через 40 м, а также горизонтальными скважинами, пробуренными между ними (см. рис. 26). Подземное вертикальное бурение широко применялось для окончательного картирования участков древней отработки. Рудные тела изучены на глубину 200 м от поверхности на четырех горизонтах.

На стадии детальной разведки объем подземных горных выработок несколько сократился (36,3 % от всего объема работ) в связи с уменьшением на глубине размаха оруденения. Нижние горизонты вскрывались из слепой шахты штреками, рассечками, квершлагами через 20 м по простиранию. Для подтверждения сплошности оруденения и изучения его изменчивости пройдено небольшое число восстающих с рассечками и пробурены наклонные скважины внутри блоков. Поверхностное бурение на глубину и флангах было ограничено единичными скважинами (16,8 % от всего объема бурения).

В основном месторождение разведывалось горными выработками. Слабая изученность глубоких горизонтов привела к тому, что практически все запасы подсчитаны по категории C_1 (до глубины 500 м); запасов категории C_2 крайне мало.

Опробование проводилось бороздовым и щелевым способами с сечением пробы 10×5 см. Секции имели длину от 0,1 до 1,2 м, реже 1,4—1,5 м. В рассечках и квершлагах опробовались две стенки, в штреках — забой через 3—4 м. В восстающих и рассечках отбор проб производился также по двум стенкам.

Керновое опробование осуществлялось секциями. В зависимости от диаметра керна в пробу шел или весь керн, или его половина. Средний выход керна по рудным интервалам, вошедшим в подсчет, составил для поверхностных скважин 59 %, а для подземных 66 % (по целикам) и 73 % (по забутровке древних выработок). Сопоставление данных опробования по скважинам с результатами бороздового и валового опробования показало хорошую сходимость средних параметров. Только скважины, пробуренные по забутованным частям древних горных выработок, дали небольшое завышение среднего содержания золота (11 %). Валовые пробы использовались для определения объемной массы и заверки результатов кернового и бороздового опробования.

Оконтуривание рудных тел по мощности производилось с использованием бортового содержания. При проведении контура учитывались общее направление рудного тела и усредненные данные по соответствующим пробам противоположных стенок выработок. В плоскости рудных тел контуры проводились с использованием лимита для бортовой выработки, на участках, разведанных горными выработками, контур рудного тела по простиранию проводился между кондиционными и забалансовыми сечениями на расстоянии 10 м от кондиционного, а при значительной мощности тела — в 20 м от крайнего кондиционного сечения. Когда краевые сечения совпадали со скважинами, контур проводился непосредственно по ним.

Подсчет запасов по основным рудным телам в связи с их большой мощностью и изменчивой морфологией, а также из-за более детальной их изученности в горизонтальных сечениях осуществлялся методом горизонтальных разрезов. Для мелких рудных тел и при подсчете запасов категории C_2 применялся метод геологических блоков. В обоих случаях рудные тела проектировались на

вертикальные плоскости, ориентированные вдоль рудных тел. Отдельные сечения рудных тел, располагающиеся примерно на уровне разведочного горизонта, использовались при подсчете запасов наряду с сечениями по горным выработкам. Во всех остальных случаях результаты бурения скважин (горизонтальных, заверенных рассечками, между горизонтами и т. п.) при подсчете не принимались во внимание и использовались только для подтверждения сплошности оруденения. При подсчете запасов не учитывались и данные, полученные по восстающим и пройденным из них рассечкам.

Блоки с запасами категории C_1 оконтуривались двумя горизонтами горных выработок. Выше и ниже последнего блока, разведанного горными выработками, запасы категории C_1 подвешивали полотно на половину этажа (20—25 м). При отсутствии промышленного золотого оруденения на верхнем или нижнем горизонте граница блока проводилась на половине расстояния между горизонтами.

Средние содержания как в сечениях, так и по блокам выводились способом средневзвешенного, средние мощности — способом среднеарифметического. Ураганные пробы ограничивались по способу И. Д. Когана (20 % от суммы метраграмма по сечению), однако при рассмотрении материалов подсчета в ГКЗ СССР было отмечено, что данная методика ведет к занижению запасов и рекомендовано ограничивать ураганные пробы 10 % от суммы метраграмма по блоку или группе блоков.

ГКЗ СССР отметила следующие недостатки при проведении разведочных работ на месторождении:

— недостаточное изучение характера распределения золота в рудной зоне и в отдельных телах;

— ограниченное применение геофизических исследований для разведочных целей;

— некоторые рудные тела остались не доразведанными и не оконтуренными на глубину и по простиранию; мелкие рудные тела в пределах рудоносной зоны не оконтурены и не прослежены, запасы их также не оценены;

— в ряде случаев рудные тела оконтурены без учета имеющих геологических границ;

— низкое качество бурения в связи с бессистемным расположением скважин, наличием большого количества дублирующих скважин, вскрывающих рудные тела не на полную мощность, низкий выход керна;

— нет окончательного ответа на вопрос о возможности использования скважин при разведке;

— не разработана рациональная методика ограничения учета ураганных проб, а принятая методика ограничения в сечениях по пробам не применима на рудных телах с повышенными содержаниями золота и серебра, так как это привело к значительному уменьшению запасов; ограничение следует проводить по сечениям в блоках.

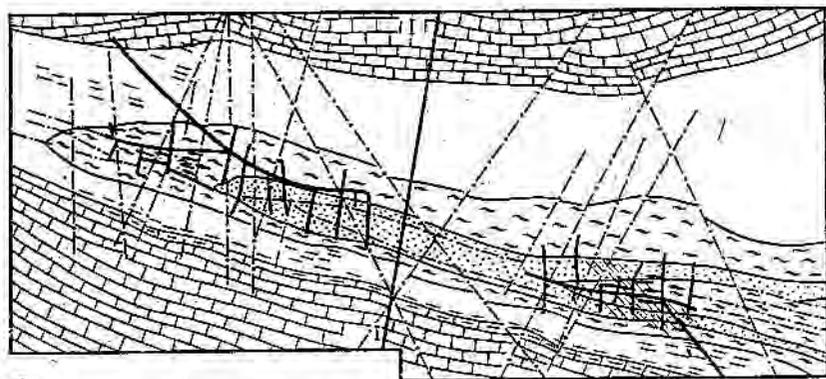


Рис. 30. Геолого-структурный план горизонта горных работ (Месторождение 6).

1 — ритмичное переслаивание известковых песчаников, алевролитов и кварц-серпичит-карбонатных сланцев; 2 — слабоглистые филлитовые сланцы и алевролиты; 3 — углистые филлитовые сланцы с прослоями алевролитов; 4 — горизонт с повышенной углистостью пород; 5 — кварцевые жилы; 6 — короткие линейные и линзовидные кварцевые тела; 7 — разрывные нарушения; 8 — подземные горные выработки

В результате из-за недоразведанности часть запасов была переведена в категорию C_2 . Некоторые блоки были разделены по уровню содержания. В блоках с высокими содержаниями выполнено повторное ограничение проб.

Месторождение 6. Расположено в мощной толще карбонатно-терригенных пород, метаморфизованных до зеленосланцевой фации и смятых в крупные субширотные сравнительно простые складки. Приурочено к одной из антиклинальных складок, сжатой и опрокинутой на юг. В ядре складки залегают песчаники и грубослоистые алевролиты. Выше по разрезу они согласно перекрываются пачкой переслаивающихся углеродсодержащих алевролитов и филлитовидных сланцев. На них с постепенным переходом залегают светло-серые известковистые сланцы, обрамляющие ядро складки с севера, юга и запада (рис. 30).

Вблизи ядра антиклинали наблюдается интенсивная дислоцированность пород, выраженная совокупностью мелкой складчатости кливажа, трещин скола и отрыва. Углеродистые породы гидротермально-метасоматически проработаны, и отчетливо устанавливается кварцевая, карбонатная и пиритовая прожилково-вкрапленная минерализация, а также развитие малосульфидных кварцевых жил.

Кварц-сульфидная минерализация с золотом образует рудную зону, вытянутую на несколько километров в субширотном направлении согласно осевой поверхности антиклинали. Мощность зоны по мере погружения на северо-северо-восток возрастает от 20 м на южном фланге до 250 м на северном. В верхних частях зоны прожилковая кварц-сульфидная минерализация сменяется преимущественно вкрапленной. При уменьшении дислоцированности пород на флангах месторождения происходит выклинивание рудной зоны

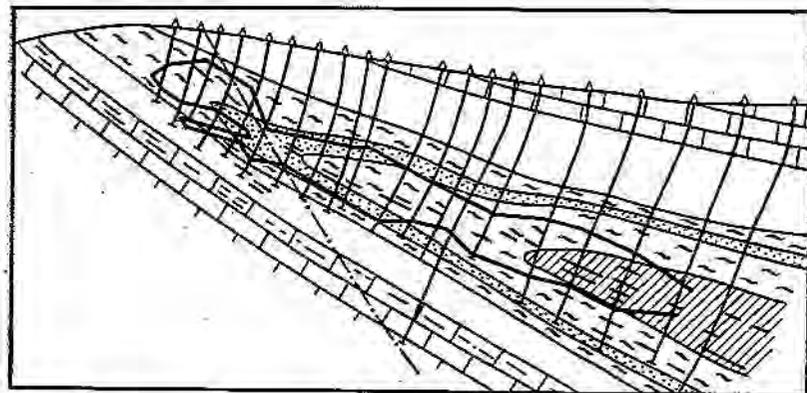


Рис. 31. Геолого-структурный разрез по линии I—I (Месторождение 6).

1 — известковистые песчаники, алевролиты и кварц-серпичит-карбонатные сланцы; 2 — слабоглистые филлитовые сланцы и алевролиты; 3 — углистые филлитовые сланцы с прослоями алевролитов; 4 — горизонт с повышенной углистостью пород; 5 — кварцевые жилы; 6 — кварцевые жилы, линзовидные тела; 7 — разрывные нарушения; 8 — контур промышленной минерализации; 9 — скважины

с постепенным снижением интенсивности кварц-сульфидной минерализации. На фоне умеренной, более или менее равномерной сульфидной минерализации (до 0,8 %) наблюдаются локальные линзообразные их обособления, где концентрация сульфидов достигает 2 % и более. Такие обособления прослеживаются на расстояние до 1500 м по простиранию и характеризуются мощностью порядка 50—200 м. Простирание обособлений субсогласное с общим направлением рудной зоны, отмечается приуроченность их к шарнирным перегибам пачек пород.

В пределах рудной зоны по данным опробования выделяется рудное тело, сложенное прожилково-вкрапленными рудами. Контур рудного тела в общем совпадает с 0,5 %-ной изоконцентрацией кварц-пиритовых прожилков.

Рудное тело представляет собой пластообразную залежь с раздувами и пережимами, полого погружающуюся под углами 15—30° к северо-северо-востоку (рис. 31). Кровля рудного тела отличается сложным рельефом: чередуются резкие выпуклости и западины. При средней мощности рудного тела 70 м разница в отметках кровли по двум смежным профилям скважин составляет в среднем 9 м. Подошва более выдержанная и ровная.

По простиранию рудное тело без существенных перерывов прослежено на несколько километров, по падению — на 1—1,5 км. По восстанию оно постепенно выклинивается как по мощности, так и по содержанию золота при четком уменьшении интенсивности золото-кварц-сульфидной прожилково-вкрапленной минерализации вблизи контакта с карбонатными породами. На дневной поверхности рудное тело трассируется разобшенными участками с невысокими содержаниями золота. По падению выклинивание промышлен-

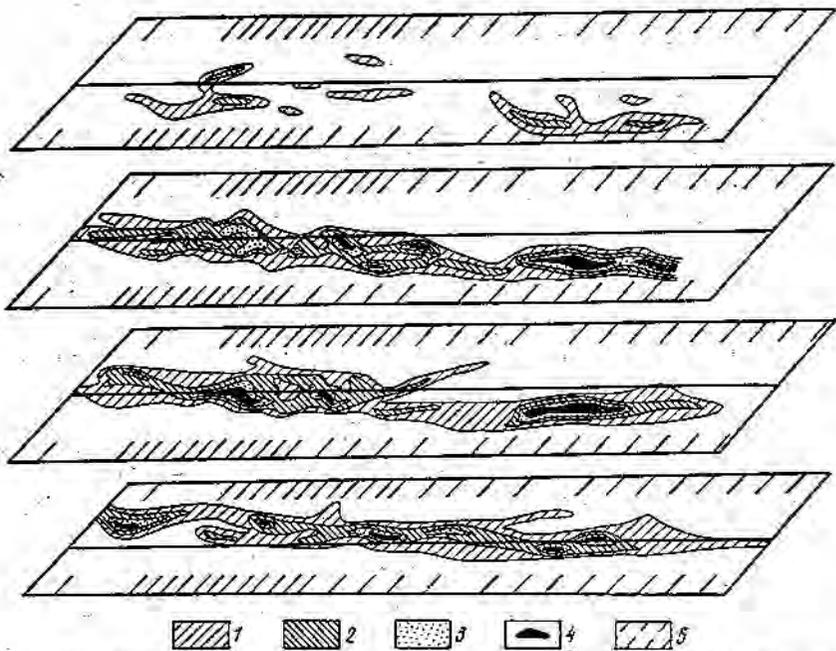


Рис. 32. Распределение полезного компонента по горизонтам (Месторождение 6).
Содержание: 1 — фоновое, 2 — удвоенное фоновое, 3 — утроенное фоновое, 4 — свыше утроенного фонового; 5 — линии разведочных разрезов (см. на рис. 33)

ленного оруденения более резкое, что связано с наличием в ядре антиклинальной складки неблагоприятных для рудолокализации песчаников.

Мощность рудного тела колеблется от 15 м на флангах до 140 м в центральной части. В целом изменчивость мощности невысокая, коэффициент ее вариации равен 40 %. Аномальные раздувы приурочены к местам резких перегибов шарнира антиклинали. Дизъюнктивные нарушения пострудного характера несущественно влияют на усложнение морфологии рудного тела.

Распределение золота и в рудном теле характеризуется столбовым характером (рис. 32 и 33). Расположение столбов контролируется общим простиранием рудной зоны и поперечными нарушениями. Последние определяют вытянутый, нередко секущий характер расположения обогащенных участков. Столбы обычно имеют сложную неправильную форму. Наряду со сравнительно выдержанными по падению на несколько десятков и сотен метров рудными столбами часто наблюдаются небольшие по мощности и простиранию (5—10 м) обособления богатых руд, геометризовать которые при разведке даже по данным исключительно плотной сети выработок практически невозможно (см. рис. 33).

Руды месторождения отличаются простым химическим и минералогическим составом. В составе руд в основном присутствуют

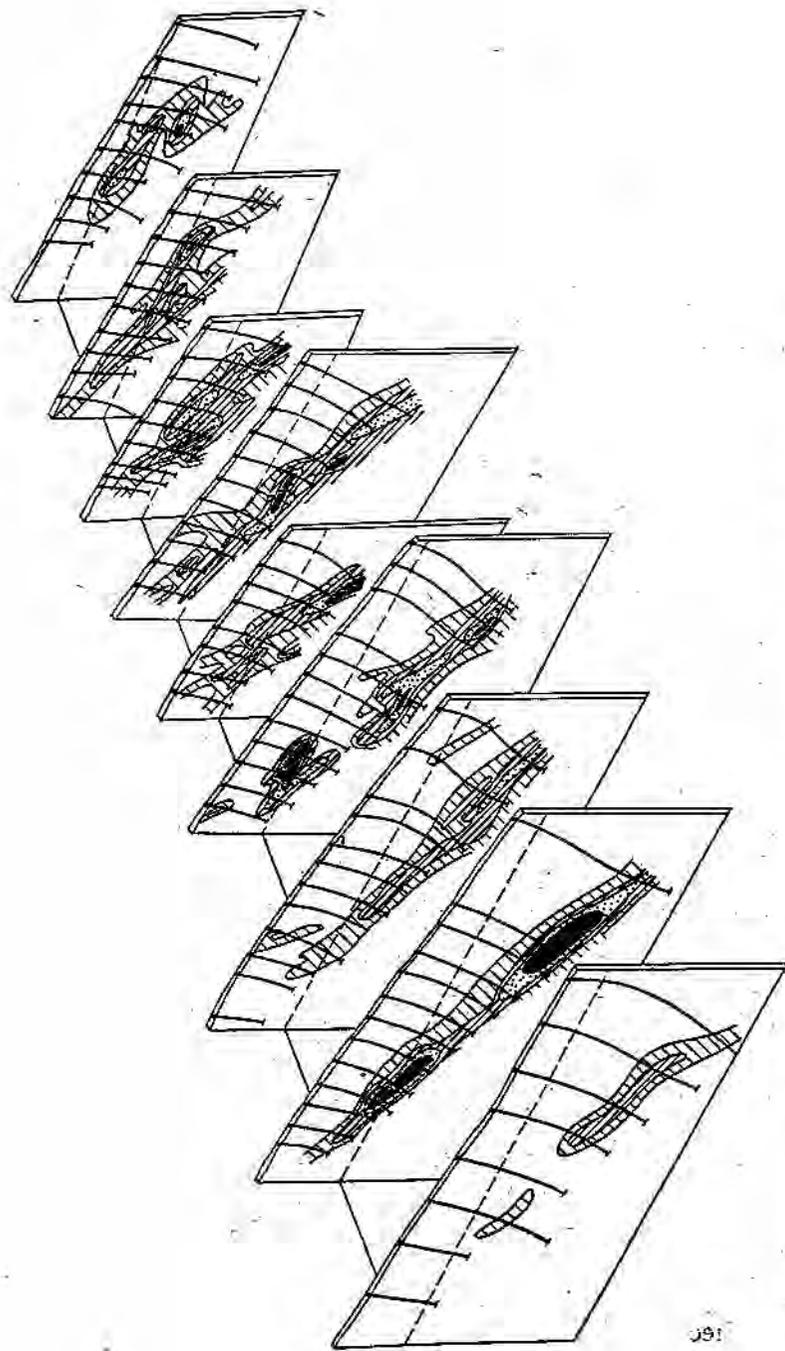


Рис. 33. Распределение полезного компонента по разведочным разрезам (Месторождение 6).
Усл. обозначения см. на рис. 32

(%) : кварц и полевой шпат (33—49), слюдяные минералы (38—54), карбонаты (7—13), сульфиды (1,3—2,5) и органический углерод (0,9—2,4). Сульфиды на 90—95 % представлены пиритом. В незначительном количестве отмечаются халькопирит, пирротин, галенит, сфалерит, арсенопирит и пентландит. Среднее содержание золота невысокое. Содержание серебра еще более низкое и составляет в среднем 20 % от содержания золота. Серебро извлекается попутно и самостоятельного значения не имеет.

Золото в рудах мелкое, преимущественно от 0,001 до 1 мм. Средний размер золотин 0,1—0,14 мм. Изменчивость содержаний золота сравнительно невысокая и определяется коэффициентом вариации по отдельным пробам в размере 80—160 %, а по сквозным сечениям около 40 %.

Учитывая в целом несложное геологическое строение месторождения, крупные масштабы оруденения, сравнительную простоту морфологии и условий залегания рудной залежи, выдержанность и плотность оруденения по падению и простиранию, невысокий уровень изменчивости мощности и содержания, данное месторождение отнесено ко II группе по классификации ГКЗ СССР. Разведка месторождения полностью проведена колонковым бурением.

При поисках промышленных руд бурили отдельные скважины глубиной преимущественно до 200 м, реже больше. В среднем глубина бурения скважины была равна 181 м. Объем бурения на стадии поисковых работ составил 2,5 % от общего объема бурения за весь период изучения месторождения.

На стадии предварительной разведки скважины бурили по редким профилям, расположенным вкрест простирания рудной зоны до глубины, как правило, 250—300 м (в среднем 203 м) по сети 400×200, 400×100 м. Объем бурения на стадии предварительной разведки составил 3 % от общего объема бурения за весь период разведки.

Основной объем бурения (94,5 %) приходится на детальную разведку. Глубина бурения достигла в среднем 272 м на одну скважину. В отличие от предыдущих стадий разведки бурение отдельных скважин осуществлялось на глубину до 1100 м для изучения геологического строения глубоких горизонтов и определения протяженности золотого оруденения по падению рудной зоны.

С целью обеспечения подсчета запасов по различным категориям сеть разведочных скважин последовательно сгущалась до 100×50 и 50×50 м. В настоящее время месторождение разведано до 450 м. Запасы категории В разведывались скважинами по сети 50×50 м, С₁ — 100×50 м и реже 50×50 м, С₂ — 100×100, 200×100 и 400×100 м (рис. 34). Принятая плотность сети разведочных скважин подтверждена разведкой экспериментального блока и анализом результатов перевода запасов из низких в более высокие категории. С целью изучения внутреннего строения рудного тела и характера распределения золоторудной минерализации, выяснения сплошности оруденения и проведения специальных видов крупнообъемного опробования (для технологических испытаний, опреде-

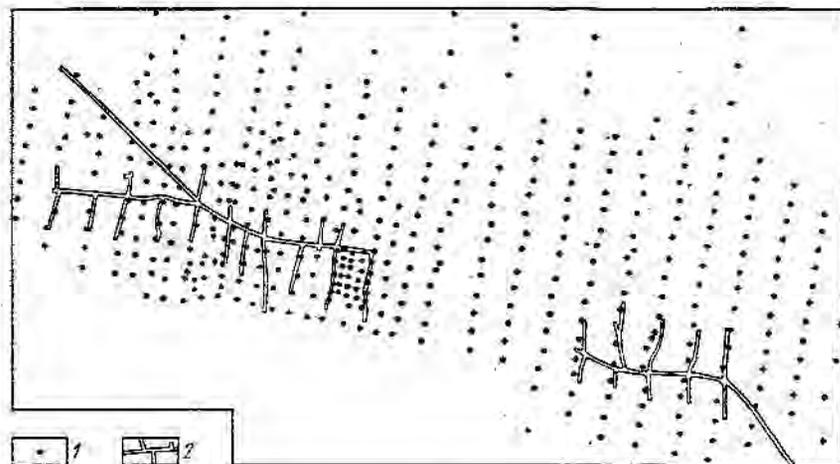


Рис. 34. План разведки (Месторождение 6).

1 — разведочные скважины; 2 — подземные горные выработки

ления представительности данных бурения, объемной массы и т. д.) на стадии детальной разведки пройден штольневой горизонт в 20—40 м от поверхности с рассечками через 50—100 м и восстающими. Горные выработки имели чисто вспомогательное значение и полученные по ним данные непосредственно для определения показателей подсчета запасов не использовались.

При опробовании разведочных скважин в пробу отбирались половинки керна, распиленного пополам вдоль длинной оси. Длина секции равна 2 м. В начальные периоды разведки в керовую пробу отбиралось 2/3 керна по диаметру при длине секции 1 м. Опробование в горных выработках проводилось вручную бороздой длиной 1 м и сечением 5×10 см. Пробы отбирались перпендикулярно мощности рудного тела через 3 м в штреках и через 2 м в ортах по обеим стенкам. На заключительных этапах разведки при помощи механических пробоотборников режущего действия пробы отбирались по одной в каждой стенке. Длина пробы равнялась высоте выработки (2—2,5 м). Восстающие опробовались по двум противоположным стенкам бороздовыми или щелевыми пробами секциями длиной 1 м.

Для определения представительности данных керового опробования на месторождении пройдено 95 восстающих общей длиной 2210,3 м, в том числе непосредственно по стволам скважин пройдено 66 восстающих (1546,2 м); 26 восстающих (769,1 м) пройдено с валовым опробованием.

Восстающие опробовались бороздовым и валовым способами, а также путем систематического отбора отбитой предварительно дробленной (до минус 50 мм) руды отсечками по девять проб массой по 8 кг из каждой отпалки. В дополнение к экспериментальным работам по опробованию руд в естественном залегании были

проведены исследования по изучению распределения содержания золота отдельно по керну, шламу и буровой мути. Всего на месторождении отобрано 611 крупнообъемных валовых проб, 7204 пробы-отсечки и 444 пробы с отдельными данными по керну, шламу и буровой мути.

В результате исследования последних было установлено завышение содержания золота по скважинам с выходом керна менее 70 %. Однако специальный анализ, выполненный совместно с подсчетом запасов при условной замене керновых проб валовыми для 11 подсчетных блоков, показал, что среднее содержание, определенное в процессе разведки по скважинам, отличается высокой надежностью. Кроме того, сопоставление с результатами более надежного, валового опробования позволило установить, что керновое опробование на данном месторождении вполне удовлетворяет требованиям подсчета запасов.

Подсчет запасов по месторождению был произведен методом геологических блоков с разбивкой последних (от поверхности) на горизонтальные слои мощностью 45 м (для удобства при проектировании предприятия). К категории В были отнесены запасы с устойчивыми средними содержаниями и мощностью, разведанные скважинами по сети 50×50 м в пределах развития горизонта горных работ с восстающими, заверяющими скважины. К категории С₁ — запасы, разведанные скважинами по сети 50×100 м. Отдельные участки, отличающиеся сложным геологическим строением, неустойчивой морфологией рудного тела и невыдержанным содержанием золота, разведанные по сети 50×50 м, также относились к категории С₁. Запасы по категории С₂ подсчитывались методом вертикальных сечений без разбивки блоков на горизонтальные слои.

Учет и ограничение ураганных проб производилось по методике И. Д. Когана. По каждой скважине в пределах сорокапятиметрового интервала применялся 20 %-ный предел суммы метрограмма.

Если количество проб в скважине было меньше 20, то для выявления и ограничения ураганных значений объединялись данные по соседним скважинам данного подсчетного блока.

Необходимо подчеркнуть, что последовательная разведка запасов по сети (200÷100)×100, 100×50 и 50×50 м с переводом запасов С₂ в С₁ и В показала, что при сгущении сети никаких изменений в подсчетных параметрах и в общих запасах не произошло. Это свидетельствует о надежности принятой разведочной сети и возможности проведения разведочных работ на подобных месторождениях по более разреженной сети: для запасов С₁ — 100×100, В — 100×50 м.

При разведке для структурных построений широко использовался стандартный комплекс геофизических методов — магнитометрия, гравиразведка, электроразведка. Выделение горизонтов углеродсодержащих алевролитов и сланцев, вмещающих рудное тело, осуществлялось методами каротажа (КС, ПС и др.). Прослеживание и оконтуривание рудных тел геофизическими метода-

ми на стадиях предварительной и детальной разведки оказалось малоэффективно. Лишь метод радиопросвечивания (скважинного и шахтного), примененный ЦНИГРИ в качестве опытного, дал возможность оконтуривать зоны пониженной проводимости, связанные с развитием кварц-сульфидной минерализации и хорошо совпадающие с контуром промышленных руд.

Однако ввиду замерзания раствора в скважинах этот метод не вышел из рамок эксперимента.

Запасы по месторождению дважды утверждались в ГКЗ СССР. Первый раз запасы не были утверждены из-за недостаточного обоснования достоверности данных кернового опробования. При повторном рассмотрении методики проведения разведочных работ была признана правильной и существенных значений ГКЗ СССР не сделала. Было указано лишь на недостаточную исследованность закономерности размещения относительно бедных и богатых участков в пределах всей зоны и отдельно рудных тел, а также невыясненность причин резких изменений мощностей по падению и простиранию минерализованной зоны. Практически это первое месторождение, разведка которого полностью осуществлялась бурением, а горные выработки использовались только для заверки данных бурения и отбора технологических проб.

4. Штокверковые месторождения

Месторождение 7 приурочено к узлу сопряжения крупного регионального северо-западного разлома с системой сколовых нарушений северо-западного, меридионального и северо-восточного простираний.

В геологическом строении рудного поля участвуют интрузивные образования. На всей его площади развита кора выветривания. Выделяются два интрузивных комплекса: габбродиоритовый и гранодиоритовый. Контакты между ними постепенные, со сложным чередованием маломощных (сантиметры — первые метры) инъекций габбродиоритов, их пятен и апофизных ответвлений в гранодиоритах.

Золоторудная минерализация локализуется в тектоническом блоке, образованном разнонаправленными нарушениями, в пределах контура серицитизированных, окварцованных и калишпатизированных пород. Границы гидротермально измененных пород условно приняты за естественные границы месторождения (рис. 35).

В тектоническом блоке густая сеть трещин образует сложную внутриблоковую структуру типа штокверка. Рудолокализирующее значение принадлежит преимущественно трещинам северо-восточного направления, что определило линейно-вытянутую столбообразную форму штокверка. Внутреннее строение штокверка определяется развитием жил и прожилков золото-кварц-сульфидного состава и рассеянной вкрапленностью различных сульфидов с золотом.

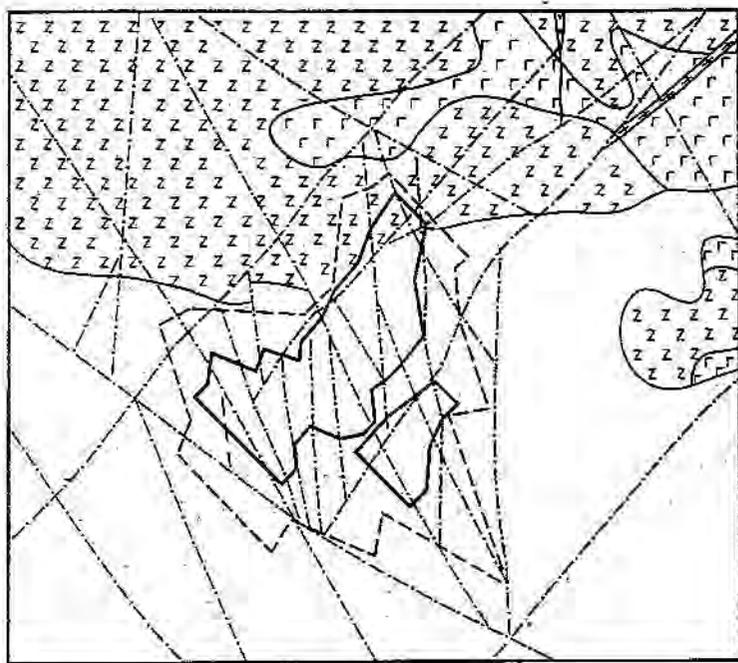


Рис. 35. Геолого-структурная схема месторождения штокверкового типа (Месторождение 7).

1 — биотит-роговообманковые гранодиориты; 2 — габбро-диориты, кварцевые диориты, микродиориты; 3 — роговообманковые габбродиориты краевой фации; 4 — аллитовые граниты, плагитграниты, пегматиты; 5 — диоритовые порфириды; 6 — разрывные нарушения; 7 — контур интенсивных гидротермальных изменений на горизонте 60 м от поверхности; 8 — контур промышленного оруденения на горизонте 60 м от поверхности

В зависимости от распределения и пространственных взаимоотношений минеральных образований выделяются прожилковые и прожилково-вкрапленные руды. К прожилковым относятся руды, которые представлены преимущественно отдельными маломощными жилами и прожилками кварцевого и кварц-сульфидного состава при практическом отсутствии вкрапленности сульфидов в гидротермально измененных породах.

Прожилково-вкрапленные руды сложены сближенными маломощными (от миллиметров до первых сантиметров) прожилками сложного золото-кварц-полисульфидного состава с неравномерно развитой между ними тонкой вкрапленностью и гнездами арсенопирита удлинённой и неправильной формы (до нескольких сантиметров). Вкрапленные руды отличаются мелкой и редкой вкрапленностью арсенопирита и других сульфидов в гидротермально измененных породах и образуют общий фон сульфидной минерализации месторождения. Руды преимущественно малосульфидные.

Из рудных минералов наиболее распространены арсенопирит и пирит, менее — гематит, халькопирит, висмутин и самородный висмут. В незначительных количествах встречаются магнетит, ильменит, рутил, сфен, марказит, пирротин, тетрадимит, теллурувисмут, козалит, блеклая руда, галенит, антимонит, ковеллин.

Все золото связано с кварц-сульфидной минерализацией. Уровень его содержания практически не зависит от состава вмещающих интрузивных пород. Однако в габбродиоритах золото в сравнительно одинаковых количествах встречается как в жилах и прожилках (60%), так и в гидротермально измененных породах (40%). В гранодиоритах в основном все золото приурочено к жилам и прожилкам (82%) и лишь небольшое его количество (до 18%) находится в гидротермально измененных породах.

Золото мелкое, от десятых долей микрометра до 0,063 мм. В околожилвных гидротермально измененных породах золото мельче, чем в кварц-сульфидных жилах и прожилках, где оно встречается в основном в сростании с арсенопиритом и минералами висмута. В измененных породах золото преимущественно находится в сростании с нерудными минералами. Распределение золота в рудах крайне неравномерное. Участки с высокими концентрациями сменяются участками с низкими содержаниями. Изменчивость содержания в рудах высокая и коэффициент вариации 140—170%.

Характер распределения промышленных концентраций определяется сложным взаимоотношением прожилковых и прожилково-вкрапленных руд. Последние развиты в линейно-вытянутых рудных зонах, разделенных слабозолотоносными вкрапленными рудами и безрудными гидротермально измененными породами (рис. 36). По падению и простираию рудные зоны часто объединяются, внутри них появляется большое количество безрудных и слабооруденелых участков. Наблюдается каркасное строение со сложным чередованием безрудных участков, бедных и богатых по содержанию руд, надежная увязка и оконтуривание которых по падению и простираию невозможны даже при весьма плотной сети разведочных выработок (рис. 37). Рудные зоны выделяются условно и только в приповерхностных частях штокверка, разведанных в основном горными выработками. Ниже горизонтов горных работ, при разведке скважинами, выделение отдельных зон практически невозможно. Месторождение относится ко II группе по классификации ГКЗ СССР.

Месторождение разведано на глубину более 400 м. Подсчет запасов проведен по категориям В+С₁+С₂. До глубины 180 м разведка осуществлялась горными выработками, ниже — колонковым бурением (см. рис. 37). В процессе детальных поисков месторождение изучалось в основном с поверхности отдельными канавами, шурфами и картировочными скважинами. Для изучения рудной минерализации на глубину бурили поисковые скважины по профилям через 60 м.

При поисково-оценочных работах были пройдены горные выработки на глубине 60 м от поверхности по трем линиям через 120 м.

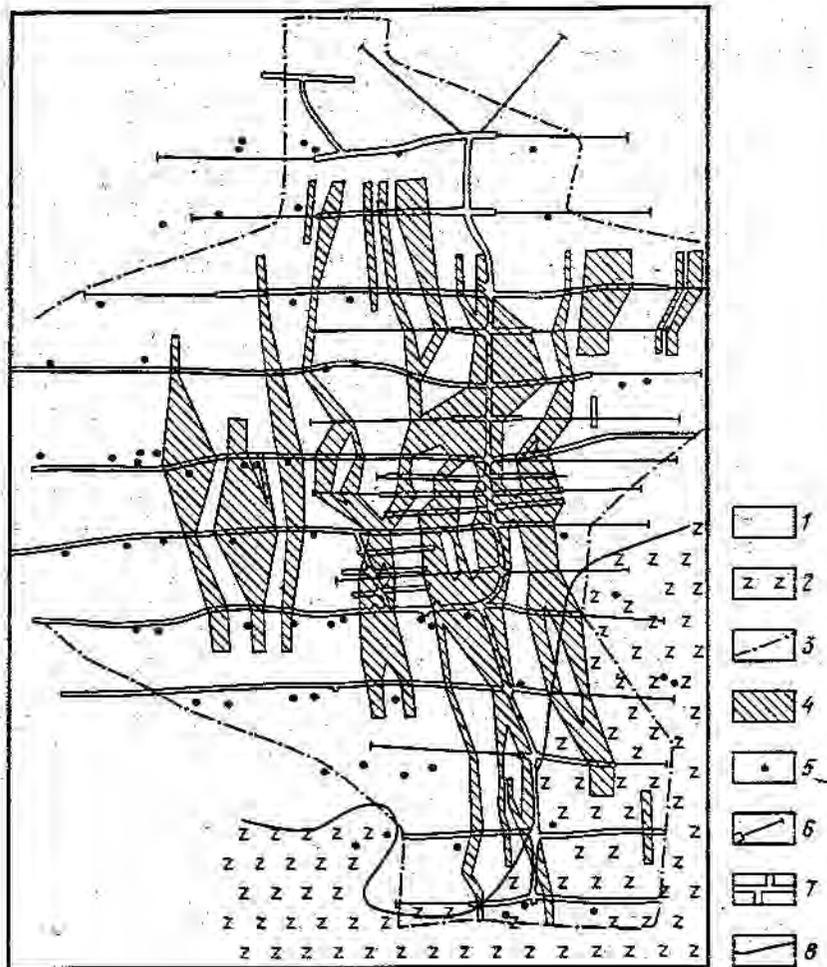


Рис. 36. Геологоразведочный план горизонта месторождения штокверкового типа (Месторождение 7).

1 — гранодиориты; 2 — габбродиориты, кварцевые диориты, микродиориты; контур; 3 — пространства минерализации; 4 — промышленных руд; 5 — пересечения поверхностных скважин; 6 — горизонтальные скважины; 7 — горные выработки; 8 — граница габбродиоритов

Продолжалось бурение скважин по сети 60×120 м. По результатам поисково-оценочных работ было подтверждено наличие промышленного золотого оруденения на глубине (горными работами) и определены ориентировочные масштабы месторождения.

На стадии предварительной разведки сеть выработок на горизонте 60 м была сгущена до 60 м между линиями разведочных кверцлаггов; между кверцлаггами осуществлялось бурение горизонтальных скважин для сгущения сети до 30 м. Для уточнения морфологии оруденения сеть горных выработок на отдельных участках сгущалась до 10 м. Широко применялось бурение подземных

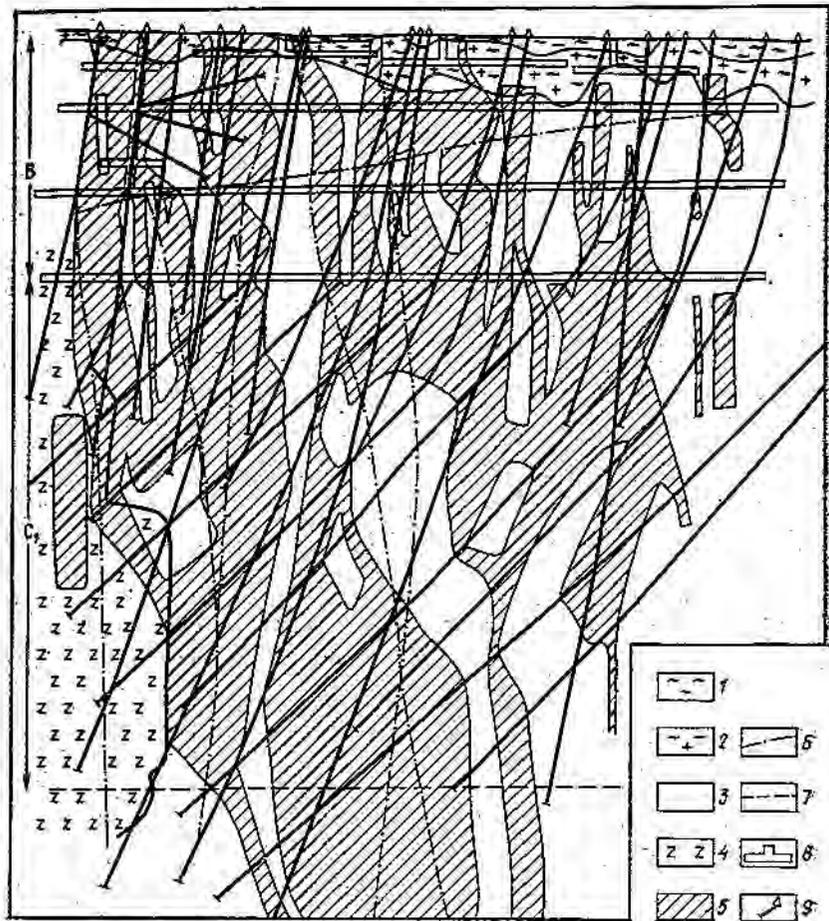


Рис. 37. Геологоразведочный разрез месторождения штокверкового типа (Месторождение 7).

1 — глины; 2 — кора выветривания; 3 — гранодиориты; 4 — габбродиориты, кварцевые диориты, микродиориты; 5 — контуры промышленных руд; 6 — разрывные нарушения; 7 — нижняя граница координат проецируемого карьера; 8 — подземные горные выработки; 9 — скважины

скважин для изучения морфологии рудных тел по падению и восстанию. Для оценки глубоких горизонтов были пробурены одиночные структурные скважины, которые подтвердили наличие золотого оруденения. На данной стадии было установлено, что выделены и увязка отдельных разобщенных богатых, но маломощных рудных тел трудно осуществимы.

Детальная разведка выполнялась комплексом горно-буровых работ. Горные выработки проходили через 30—60 м в линиях разведочных профилей, расположенных вквост простирания прожилкового и прожилково-вкрапленного оруденения. Дополнительно к имеющемуся горизонту горных работ на уровне 60 м от поверхно-

сти было пройдено еще два горизонта на глубине 120 и 180 м от поверхности. Для обособления запасов категории C_1 на флангах и ниже последнего горизонта горных работ с поверхности бурились скважины по сети 60×60 м. Изучение морфологии, сплошности и внутреннего строения рудных зон осуществлялось с помощью проходки рудных штреков, рассечек, восстающих и бурения вееров наклонных скважин.

Горные выработки опробовались вручную бороздой сечением 10×3 см секциями длиной до 1 м. В кварцитах и восстающих опробовались две противоположные стенки, в рассечках из шурфов — одна. Опробование штреков, пройденных по простиранию зон оруденения, осуществлялось в забоях через два-три цикла.

До глубины 300 м бурение велось коронками диаметром 76 мм, далее коронками диаметром 59 мм. Средний выход керна 84 %. При диаметре бурения 59 мм в пробу отбирался весь керн, при диаметре бурения 76 мм — половина.

Результаты рядового бороздового опробования контролировались путем сопоставления с данными трех смежных контрольных бороздовых проб, а также задирковых и валовых проб. Были получены удовлетворительные результаты, позволившие обосновать надежность принятого способа опробования горных выработок бороздой сечением 10×3 см.

Представительность разведочного бурения определялась несколькими способами.

1. Сопоставлением отдельных керновых проб с бороздовыми в местах пересечения скважины горной выработкой; по 14 парным сопоставлениям абсолютное расхождение в содержаниях составило 2,7 %.

2. Сопоставлением параметров оруденения, полученных по горизонтальным скважинам подземного бурения и горным выработкам, пройденным по их оси; по 11 парным сопоставлениям расхождения в параметрах составили (%): по суммарной мощности рудных интервалов в среднем на сечение 14,7, по содержанию золота 2,2, по коэффициенту рудоносности 12.

3. Сопоставлением содержания золота по скважинам, пробуренным с поверхности, с данными пройденных по ним восстающих, опробованных горизонтальными бороздами; в пяти сопоставлениях выявлено расхождение 1,2 %.

4. Сопоставлением запасов, подсчитанных отдельно по скважинам и горным выработкам. Все скважины, участвующие в подсчете, располагались в пределах контура запасов, разведанных горными выработками.

В результате исследований была доказана возможность разведки глубоких горизонтов данного штокверкового золоторудного месторождения колонковым бурением. По рекомендации ГКЗ СССР в пределах подземных горных выработок между тремя основными разведочными профилями на трех горизонтах было проведено сгущение кварцитажных выработок до 15 м. Увеличение плотности разведочной сети показало, что контуры промышленно-

го оруденения, среднее содержание золота, коэффициент рудоносности и запасы в блоках по данным разведки кварцитажами через 30 м определяются достаточно надежно.

Запасы подсчитывались с использованием коэффициентов рудоносности. Учитывая сравнительно невысокий уровень содержания золота и экономические показатели освоения месторождения, подсчет балансовых запасов был ограничен контуром карьера. В связи с неодинаковой разведанностью месторождения и различной методикой разведки в приповерхностной его части (в основном горными выработками) и на глубине (скважинами) для подсчета запасов использован комбинированный метод: в контуре, разведанном подземными горными выработками и горизонтальными скважинами, — метод горизонтальных параллельных сечений; ниже горизонта горных работ и на флангах, где разведка осуществлена в основном скважинами, — метод вертикальных параллельных сечений.

Запасы категорий В подсчитывались только в контуре горных работ. Блоки категории В ограничивались двумя смежными горизонтами горных работ (при высоте этажа 60 м) и параллельными вертикальными разрезами с расстоянием между ними не более 30 м. Запасы категории C_1 подсчитывались по скважинам и отдельным горным выработкам. Ниже последнего горизонта горных работ запасы категории C_1 выделены крупными блоками: от горизонта горных работ до нижнего ограничения контура (по сети 60×60 м). Контур запасов категории C_1 как по горным выработкам, так и по скважинам проводился по последнему интервалу содержания балансовых руд.

Запасы категории C_2 экстраполировались по падению и восстанию тел от запасов категории C_1 с учетом результатов по отдельным скважинам, подтверждающим распространение промышленного оруденения.

ГКЗ СССР выявила следующие основные недостатки при проведении разведочных работ:

— слабо изучено внутреннее строение штокверка, влияние разрывных нарушений на его строение;

— в ряде случаев в рудные тела включены участки с очень низкой рудоносностью;

— часть скважин с поверхности пересекает рудные тела под острым углом и не обеспечивает получения перекрытых разрезов и достоверных подсчетных параметров;

— недостаточно использовано подземное бурение вееров скважин для уточнения мощностей, содержания, размеров и морфологии кондиционных участков;

— многие канавы пройдены не до коренных пород, а рассечки из шурфов не пересекают полностью штокверк и опробованы лишь по одной стенке;

— прямая заверка бурения проведена в недостаточном объеме и пока сделать окончательного вывода о достоверности бурения нет возможности, по этой причине данные по скважинам использо-

зались при подсчете запасов лишь для горизонтов ниже горных работ при параметрах, полученных по скважинам более низких чем для последнего горизонта горных выработок.

В соответствии с замечаниями ГКЗ СССР были проведены повторное оконтуривание некоторых рудных тел и подсчет запасов по ряду блоков ниже горизонта горных работ. При последующей разведке отмеченные недостатки были учтены.

5. Месторождения типа залежей различной формы и размеров

Месторождение 8. Рудное поле расположено на границе сводового поднятия и чашеобразного прогиба, фиксируемой пересечением тектонических зон северо-восточного и северо-западного направлений. В строении рудного поля участвуют породы двух структурных этажей. Нижний этаж слагают породы кристаллического фундамента (алюкситовые граниты с ксенолитами гнейсов). Породы верхнего структурного этажа представлены карбонатной толщей (в основном, доломиты) и залегают на размывтой поверхности нижнего этажа. Породы обоих структурных этажей прорваны постюрскими интрузиями, образующими лакколиты, пластообразные тела и дайки щелочного состава. Контактные изменения вблизи интрузий проявлены слабо в виде узких прерывистых ореолов скарнов. Пластовые интрузии приурочены к двум горизонтам карбонатных пород: нижнему — вблизи контакта с фундаментом и верхнему — выше его на 30—40 м.

Кварцево-карбонатные золоторудные жилы контролируются системами северо-западных и северо-восточных крутопадающих нарушений, которым также подчинены метасоматические золотоносные залежи сульфидного и сульфидно-карбонатного состава (рис. 38). Залежи локализуются в карбонатных породах на пересечении крутопадающих разломов горизонтальными зонами трещиноватости. В карбонатной толще выделяется пять горизонтов таких зон.

Минеральный состав залежей — анкерит и кальцит (до 50%), кварц и пирит. Среди рудных минералов наблюдаются сфалерит, галенит, халькопирит и гематит. Ранние генерации золота, представленные его тонкодисперсной разновидностью, связаны с пиритом. Основная масса золота выделялась после рудных минералов в виде жилковидных образований по трещинам, губчатых сростков в пустотах или цепочковидных вкраплений.

В зоне окисления развиты гидроокислы железа, ярозит, карбонаты свинца, меди, цинка и др. Околорудные изменения представлены анкеритизацией, окварцеванием и пиритизацией.

Форма и размеры метасоматических залежей разнообразны. Существуют три их основных типа: залежи, близкие к изометричным, диаметром около 50—75 м, мощностью 0,5—1 м, линзообразно-вытянутые залежи протяженностью 500—700 м, шириной 40—50 м и мощностью 0,5—1,0 м; залежи неправильной формы, представляющие собой разветвленные ленто- и трубообразные тела

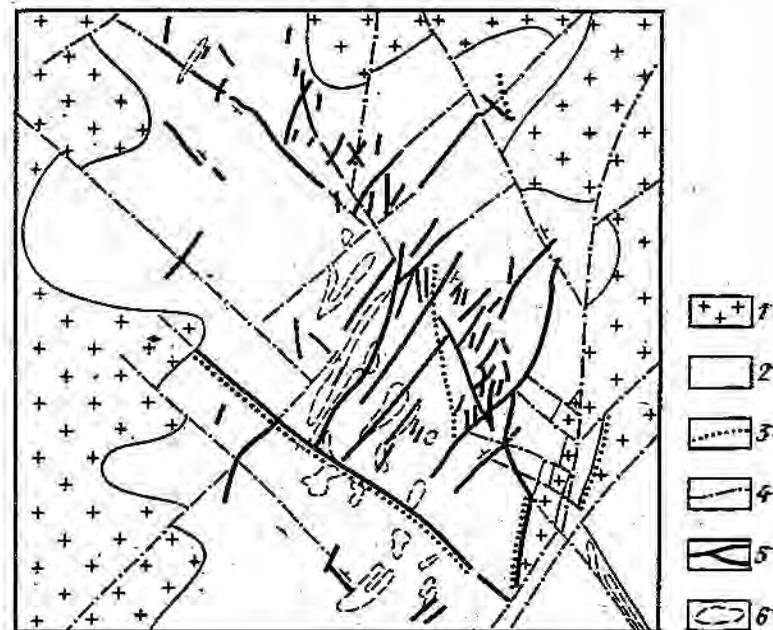


Рис. 38. Геолого-структурная схема месторождения типа залежей неправильной формы (Месторождение 8).

1 — граниты фундамента; 2 — карбонатные породы чехла; 3 — дайки керсантитов, вогезитов; 4 — разломы; 5 — рудные жилы; 6 — проекции пластовых рудных тел

протяженностью от 50 до 250 м, шириной 2—5 м и мощностью около 1 м.

Для всех типов залежей характерна очень извилистая поверхность контактов с частыми горизонтальными разветвлениями: они располагаются по вертикали двумя-тремя ярусами вдоль рудоконтролирующей трещинной структуры, иногда выполненной рудной жилой. Золотое оруденение каждой залежи приурочено к отдельным разобленным блокам вытянутой и лентовидной формы. В краевых частях залежи тупо выклиниваются или же расслаиваются на ряд языковидных ответвлений. Внутри залежей наблюдаются обособления неизмененных вмещающих пород (доломитов), число которых растет вблизи контактов. Размеры обособлений в поперечнике достигают 10 м и более.

Распределение золота в залежах крайне неравномерное, коэффициент вариации содержаний 137,5%. Обогащенные участки образуют гнезда, струи, линзы и полосы, параллельные контактам тел. Мощности залежей меняются в широких пределах: от первых сантиметров до 6 м в раздувах. Анализ данных эксплуатационного опробования одной из залежей показал, что преобладают гнездобразные обособления размером от 1 до 6 м, образующие субмеридиональные зоны богатых руд (рис. 39), для которых характерно повышение мощности залежей. Ширина зон колеблется от 15 до

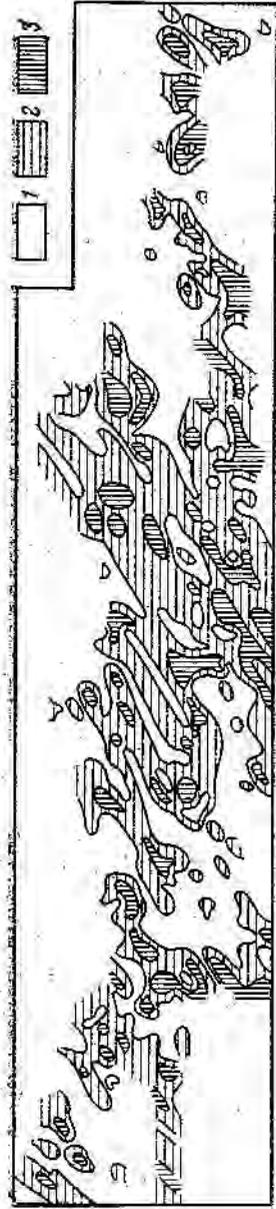


Рис. 39. Распределение полезного компонента рудной залежи в проекции на горизонтальной плоскости (Месторождение 8).
Руды: 1 — бедные, 2 —脉状ые, 3 — богатые

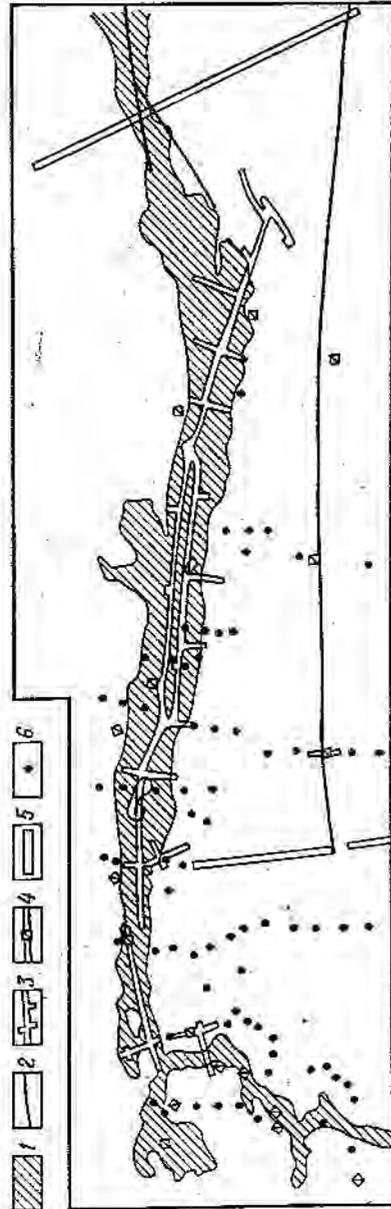


Рис. 40. План разведки пологой залежи (Месторождение 8).

1 — рудные залежи; 2 — жилы; 3 — подземные горизонтальные горные выработки; 4 — шурфы с расщепками; 5 — каналы; 6 — скважины

35 м. Средние содержания золота в зонах богатых руд в 2,5—3,5 раза выше, чем в смежных с ними зонах рядовых и бедных руд. Повышенные значения мощности и содержания совпадают с диагонально секущими залежью нарушениями трещинного типа, задеченными жилами и дайками. Выбор методики разведки определялся следующими факторами: горизонтальным залеганием рудных залежей; вытянутой их формой с отношением ширины к длине 1:12—1:25; крайне сложным контуром рудных тел с многочисленными апофизами; наличием обособлений неизмененных доломитов; крайне неравномерным распределением золота. Эти факторы определили выбор системы разведки скважинами (ударно-канатное, колонковое бурение), шурфами с расщепками и штреками с расщепками, задаваемыми из неглубоких шахт (рис. 40). При прослеживании рудных тел применялись геофизические методы: метод заряда, электроразведка на постоянном токе, в незначительных объемах радиопросвечивание.

На стадии поисковых работ разведочные профили задавались вкрест простирания залежей через 240 м с расстоянием между скважинами 40 м. В отдельных случаях это расстояние в поисковых профилях уменьшалось до 10 м во избежание пропусков незначительных по ширине, но богатых по содержанию золота залежей. В результате сгущения скважин в поисковых профилях устанавливалась истинная ширина тела, изучалась изменчивость мощности и содержания золота. Сеть скважин сгущалась также вблизи благоприятных рудоконтролирующих структур: жил, даек, тектонических нарушений. Для изучения сплошности оруденения, характера контактов, распределения богатых руд проходились отдельные шурфы с расщепками на ширину залежей.

На стадии предварительной разведки скважины располагали по сети 120×20 м, шурфы через 100—120 м. В процессе детальной разведки расстояния между разведочными линиями сгущались до 60 м, а между шурфами и скважинами до 10 м. Глубина скважин определялась расстоянием от поверхности до известных или предполагаемых горизонтов карбонатной толщи, несущих золотое оруденение. Некоторые скважины бурились с пересечением всей карбонатной толщи до выхода в породы фундамента с целью поисков рудных тел, приуроченных к контакту фундамента и карбонатной толщи. С помощью подземных горных выработок была установлена степень изменчивости оруденения и выведен коэффициент рудности. Горизонтальные выработки из шурфов пройдены вкрест простирания до полного пересечения рудного тела. Часть шурфов пройдена для заверки результатов ударно-канатного бурения с целью уточнения истинной мощности рудных тел и содержания золота в них при прослеживании окисленных и первичных руд. По классификации ГКЗ СССР месторождение относится к III группе. Крайне неравномерное распределение золота обусловило густую сеть опробования.

Основная масса проб отобрана из подземных горных выработок бороздовым способом по нормали к рудному телу и на полную его

мощность. Сечение борозд 10×3 см, длина секций 1 м. Бороздовые пробы в шурфах отбирались по четырем стенкам, в рассечках и квершлагах по двум, а в забоях последних с расстояниями от 1 до 3 м. При ударно-канатном бурении в пробы отбирался шлам. Интервал опробования соответствовал длине рейса по руде (0,3—1,5 м). По обычной методике опробовался и керн колонковых скважин. В небольших объемах были проведены работы по заверке применяемых способов опробования.

При сравнении результатов бороздового опробования с данными технологического опробования в первых установлено завышение содержания золота на 4,1%. Керновые пробы заверялись бороздовыми. Было выявлено систематическое занижение содержания по керну, поэтому при подсчете запасов категории C_1 для керновых проб ряда блоков был введен поправочный коэффициент равный 1,3.

Запасы подсчитывались методом геологических блоков на горизонтальных проекциях. Средние содержания и мощности устанавливались среднеарифметическим способом. Оконтуривание блоков произведено путем интерполяции на половину расстояний между сечениями. Для учета безрудных участков по каждому блоку применяется линейный коэффициент рудоносности.

Ураганные пробы заменялись средним содержанием золота по блоку, рассчитанным с учетом этих проб.

Месторождение 9. Рудное поле сложено слабометаморфизованными вулканогенно-осадочными породами палеозоя, перекрытыми мезо-кайнозойскими отложениями мощностью 1,5—25 м. Палеозойские породы прорваны интрузией гранодиоритов и многочисленными дайками основного и среднего состава.

Месторождение приурочено к крыльям пологой антиклинали, осложненной разрывными нарушениями и зонами смятия (рис. 41). Ядро антиклинали сложено известняками, крылья — толщей осадочных и вулканогенных пород, состоящей из двух свит. Первая свита — преимущественно кремнисто-карбонатные породы, вторая — сланцы различного состава, туфопесчаники, алевролиты, вулканогенно-осадочные брекчии.

Гидротермально-метаморфические образования представлены кварц-серпичит-карбонатными метасоматитами в породах первой свиты, на которые наложена сульфидная минерализация с тонкодисперсным золотом, образующая минерализованные зоны различной мощности (50—350 м). Зоны интенсивно смяты, вмещающие породы будинированы. Отмечается обилие тектонических швов со сложными взаимоотношениями. В большинстве случаев минерализованные зоны со стороны лежачего бока имеют сравнительно четкое ограничение тектоническими нарушениями надвигового типа; висячем боку границы их менее четкие.

Рудные тела в пределах минерализованных зон выделяются по данным опробования с учетом насыщенности их сульфидами и имеют плито- и линзообразную форму (рис. 42). Они размещаются кулисообразно в пределах наиболее крупных зон. Размеры отдель-

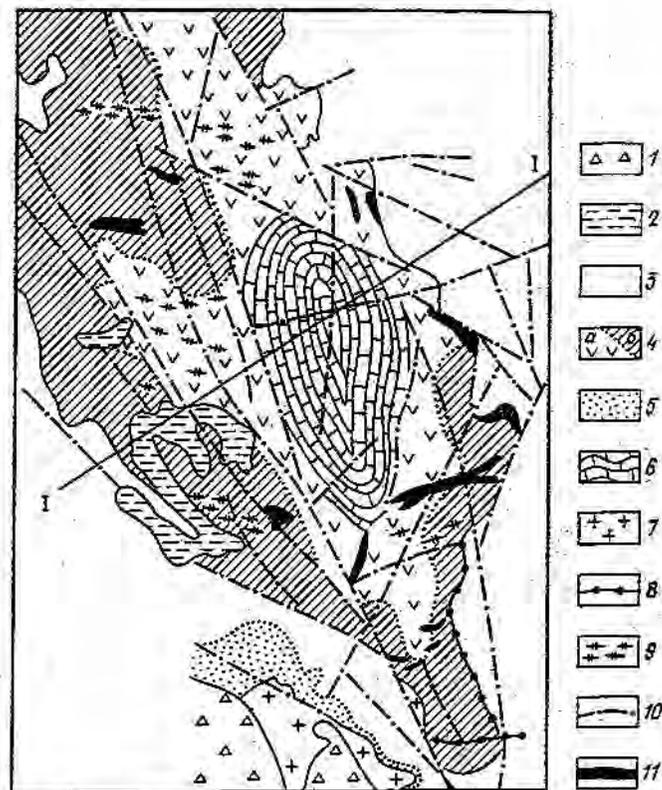


Рис. 41. Геолого-структурная схема рудного поля (Месторождение 9), 1 — четвертичные отложения; 2 — глины с прослоями песчаников; 3 — кремнистые яшмовидные породы, переслаивающиеся со слюдясто-кварцевыми песчаниками; 4 — вулканогенно-осадочная толща: а — свита вулканитовых конгломератов, туфобрекчий, альбитофиров, туфов андезитов, андезито-базальтов, диабазовых порфиритов, б — свита песчаников, алевролитов, ортосланцев с редкими прослоями доломитов и мергелей; 5 — контактово-метаморфизованные породы; 6 — известняки; 7 — порфировидные биотит-роговообманковые гранодиориты; 8 — дайки спессартитов, керсантитов, диоритовых порфиритов; 9 — ослабленные дайки среднего и основного состава; 10 — разрывные нарушения; 11 — рудные тела

ных рудных тел колеблются от 100 до 1800 м по простиранию и от 50 до 350 м по падению при мощности от 3 до 100 м. Наблюдаются плавные раздувы и пережимы рудных тел по простиранию и падению. Мелкие и средние по размерам рудные тела обычно отличаются более сложной морфологией. Для них характерны весьма извилистые, неровные контуры как по вертикали, так и по горизонтали. В местах сопряжения основных рудоконтролирующих структур с более мелкими разломами в пределах рудных тел образуются небольшие рудные столбы неправильной формы.

Внутреннее строение рудных тел крайне сложное, что обусловлено их неоднородной рудонасыщенностью, а также наличием некондиционных обособлений размером до 10 м и безрудных даек различного состава, секущих рудные тела. По минералогическому составу выделяются первичные сульфидные и вторичные окислен-

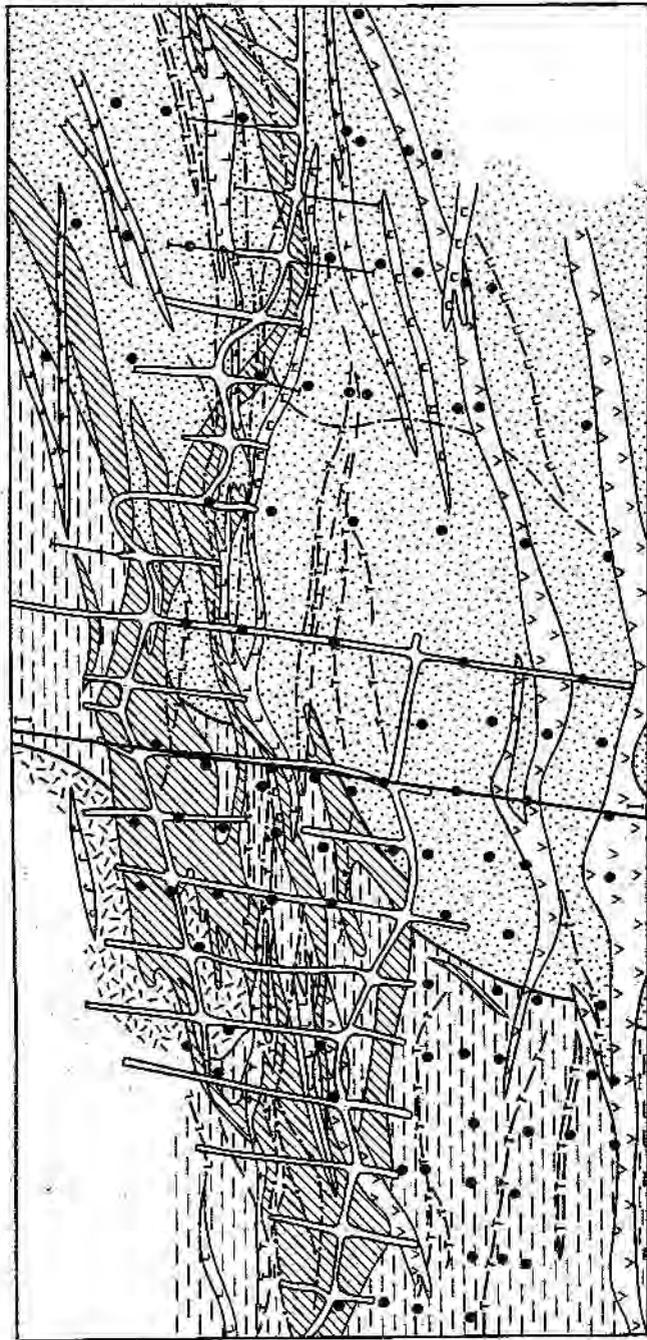


Рис. 42. Геологоразведочный план горизонта месторождения типа минерализованных зон (Месторождение 9).

Пачки: 1 — песчанковая, 2 — аргиллистая, 3 — сульфидная, 4 — дайки скарлатов, джорит-пиритов, керсанитов, диоритов; 5 — рудные тела; 6 — тектонические нарушения; 7 — подземные горные выработки; 8 — разведочные скважины; 9 — наклонные с поверхности, 6 — подземные горизонтальные; 9 — дайки геологического разреза 1—1 к рис. 43

ные руды. Зона окисления распространяется до глубины 30 м и более.

Сульфидные руды представлены в различной степени гидротермально-метаморфизованными породами с относительно равномерной вкрапленностью сульфидов (в среднем 5—6%). Среди них наиболее широко развиты пирит (4—6%) и арсенопирит (0,4—0,6%). В небольших количествах присутствуют антимонит, халькопирит, пирротин, блеклые руды. Практически все сульфиды в той или иной мере содержат золото. Однако подавляющее его количество сосредоточено в пирите и арсенопирите. В рудах также отмечаются повышенные содержания серебра.

Окисленные руды характеризуются широким развитием вторичных минералов. Крупные тела с размерами по простиранию от 500 до 1800 м и по падению от 200 до 300 м были отнесены ко II группе по классификации ГКЗ СССР; средние и мелкие размером от 100 до 200 м по падению — к III группе. Разведка проводилась горно-буровым способом. Окисленные сульфидные руды разведывались в основном скважинами шарошечного бурения сплошным забоем с продувкой воздухом. Первичные сульфидные руды разведывались колонковыми скважинами (диаметры бурения 59, 76 и 110 мм). Плотность разведочной сети определялась с учетом размеров рудных тел.

На стадии поисково-оценочных работ для выяснения общих масштабов золотого оруденения и условий залегания рудных тел проводилось бурение сплошным забоем с продувкой воздухом до глубины 100 м по профилям через 120—240 м в комбинации с проходкой шурфов глубиной 30—40 м и рассечками из них. При небольшой мощности наносов (менее 5 м) рудные зоны вскрывались канавами через 40 м. Более глубокие горизонты изучались единичными колонковыми скважинами глубиной 200—300 м. Представительность опробования по шламу шарошечного бурения сплошным забоем с продувкой воздухом обоснована экспериментальными работами. Один из участков месторождения с наиболее типичными условиями локализации оруденения до глубины 90 м, преимущественно в зоне окисленных руд, был разведан скважинами шарошечного бурения по сети 40×40 м, т. е. с детальностью, отвечающей требованиям предварительной разведки.

На стадии предварительной разведки основной объем работ был направлен на изучение уже выявленных наиболее крупных и богатых рудных тел. Они были вскрыты горизонтом горных выработок из шахт на глубине 60—65 м от поверхности. Для полного пересечения зон минерализации рассечки задавались через 120 м.

Скважины для разведки окисленных руд бурились по профилям через 80—120 м, а по падению рудных тел — через 30—40 м. Для подтверждения сплошности оруденения (в зоне окисленных руд) два разведочных блока длиной 120 м каждый были разбурены шарошечными скважинами по сети 20×20 м. Сульфидные руды разведывались колонковыми скважинами до глубины предполагаемого дна карьера. Единичными скважинами изучалось распростра-

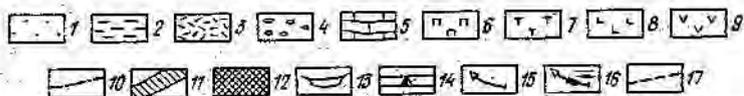
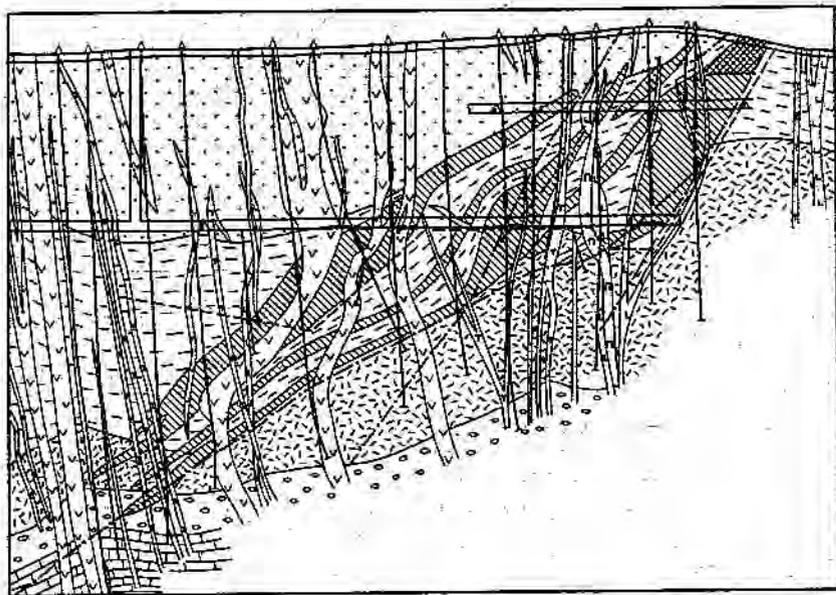


Рис. 43. Геологоразведочный разрез месторождения типа минерализованных зон (Месторождение 9).

1 — песчаники, туфопесчаники, туфобрекчии, частично углефицированные; 2 — углистые кварц-хлоритовые сланцы и алевролиты с прослоями песчаников и туфопесчаников; 3 — туфопесчаники и алевролиты с прослоями доломитов и альбит-энидот-хлоритовых сланцев; 4 — вулканогенно-осадочные брекчии; 5 — известняки; дайки; 6 — спессартитов; 7 — диорит-порфиритов; 8 — керсантитов; 9 — диоритов; 10 — разрывные нарушения; руды; 11 — пераниты; 12 — окисленные; 13 — разведочные канавы; 14 — подземные горные выработки; 15 — скважины; 16 — интервалы по горным выработкам и скважинам с промышленным оруденением; 17 — контуры проектного карьера

нение оруденения на глубину 120 м ниже дна карьера. На флангах разведка осуществлялась скважинами по профилям через 240 м. Единичными канавами, шурфами и неглубокими скважинами с применением комплекса геофизических методов в различных частях рудного поля продолжались выявление и оценка новых рудных тел.

В результате предварительной разведки основная часть запасов на участках горных работ была изучена с детальностью, отвечающей категории C_1 . На флангах и на глубоких горизонтах были подсчитаны запасы по категории C_2 .

На стадии детальной разведки на площадях развития наиболее крупных тел на двух-трех шахтных горизонтах проходились рассечки через 40—60 м. Между горизонтами пройдены восстающие с рассечками. Для подсчета запасов по категории В сеть разведочных скважин в пределах сульфидных руд была доведена до $40 \times (30 \div 40)$ м, по категории C_1 — до $80 \times (40 \div 60)$ м для крупных рудных тел и до $40 \times (30 \div 50)$ м для средних и мелких (рис. 43).

Глубина разведки ограничивалась в основном контуром карьера. Ниже дна карьера оруденение оценивалось лишь отдельными скважинами на глубину 120—150 м. Окисленные руды разведывались скважинами по сети 40×10 м в комбинации с шурфами и канавами (рис. 44). Для подтверждения непрерывности оруденения отдельные залежи по простиранию были вскрыты траншеями.

За весь период изучения месторождения его запасы были разведаны в основном бурением при незначительном объеме подземных горных выработок; 44 % от общего объема буровых работ составило шарошечное бурение. Горные выработки опробовались бороздовым способом вручную при сечении проб 10×5 см и секциями длиной от 0,5 до 2 м в зависимости от литологических, минералогических и структурно-текстурных особенностей руд. В стволах шахт, шурфов и восстающих борозды располагались вертикально; в рассечках и штреках — горизонтально, в канавах — по осевой линии полотна. Штреки опробовались в забоях через 5—7 м по мере их проходки. Рассечки и квершлагги опробовались по одной стенке, что являлось существенным недостатком.

Скважины опробовались по керну и шламу. Керновые пробы имели длину 0,5—2 м. При диаметре бурения 59 мм в пробу отбирался весь керн, а при диаметре 76 и 110 мм — половина керна. В случае низкого выхода керна, несмотря на диаметр бурения, в пробу отбирался весь поднятый материал. При шарошечном бурении скважин с продувкой воздухом материал (шлам) отбирался на поверхности по интервалам бурения. На первых этапах разведки опробование производилось секциями длиной 1 м. В дальнейшем, учитывая сравнительно равномерный характер распределения золота в рудах и большие мощности рудных зон, длина секции была увеличена до 2 м, что позволило сократить количество отбираемых проб.

Для оценки представительности опробования в горных выработках было проведено сопоставление бороздовых и валовых проб (1932 бороздовых и 57 валовых проб); основных проб с контрольными бороздовыми пробами того же сечения, отобранными по следу первых (216 сопоставлений); данных сопряженно отобранных бороздовых проб сечением 30×15 , 10×5 и 5×3 см (340 сопоставлений).

Достоверность данных бурения и возможность их использования при подсчете запасов определялись прямыми и косвенными способами сопоставления с результатами разведки и опробования горных выработок. Для обоснования надежности результатов шарошечного бурения пройдено 42 шурфа, а колонкового бурения — 10 восстающих и 7 рассечек. Была проведена заверка девяти колонковых скважин путем разбуривания их скважинами большого диаметра с кольцевой задиркой шарошечными расширителями и отбором 259 шламовых проб. При определении надежности буровых работ были также выполнены: анализ зависимости изменения содержания золота от выхода керна (2206 проб по 117 скважинам); экспериментальное истирание 158 проб в шаровой мельнице

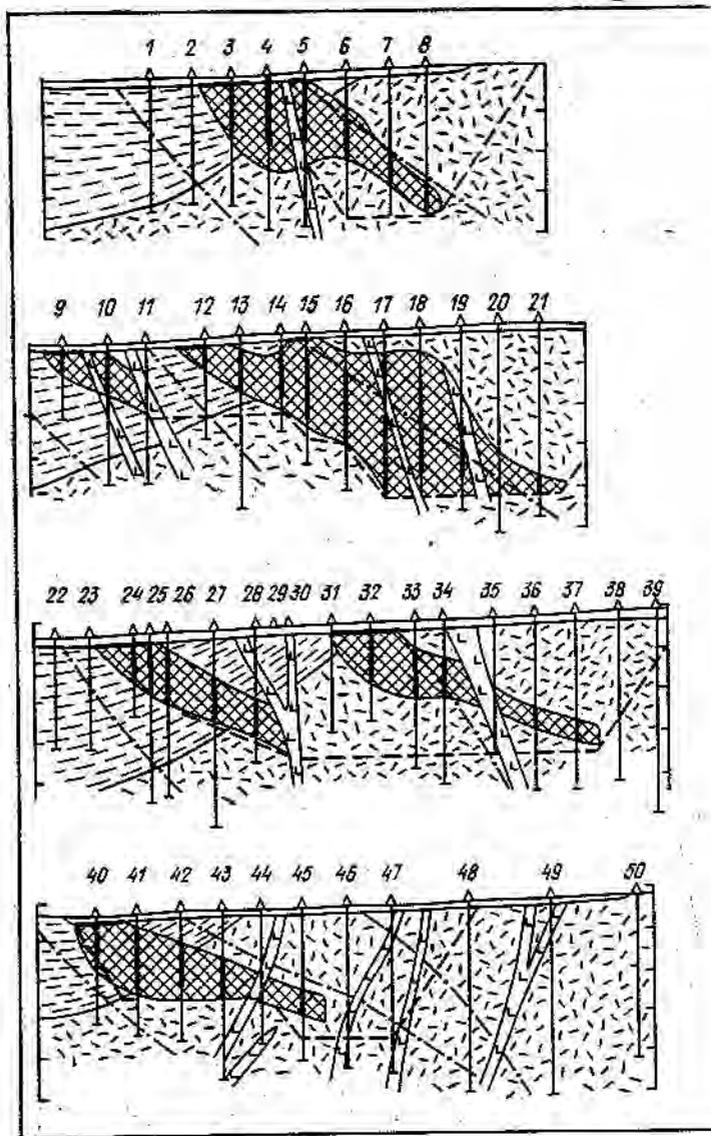
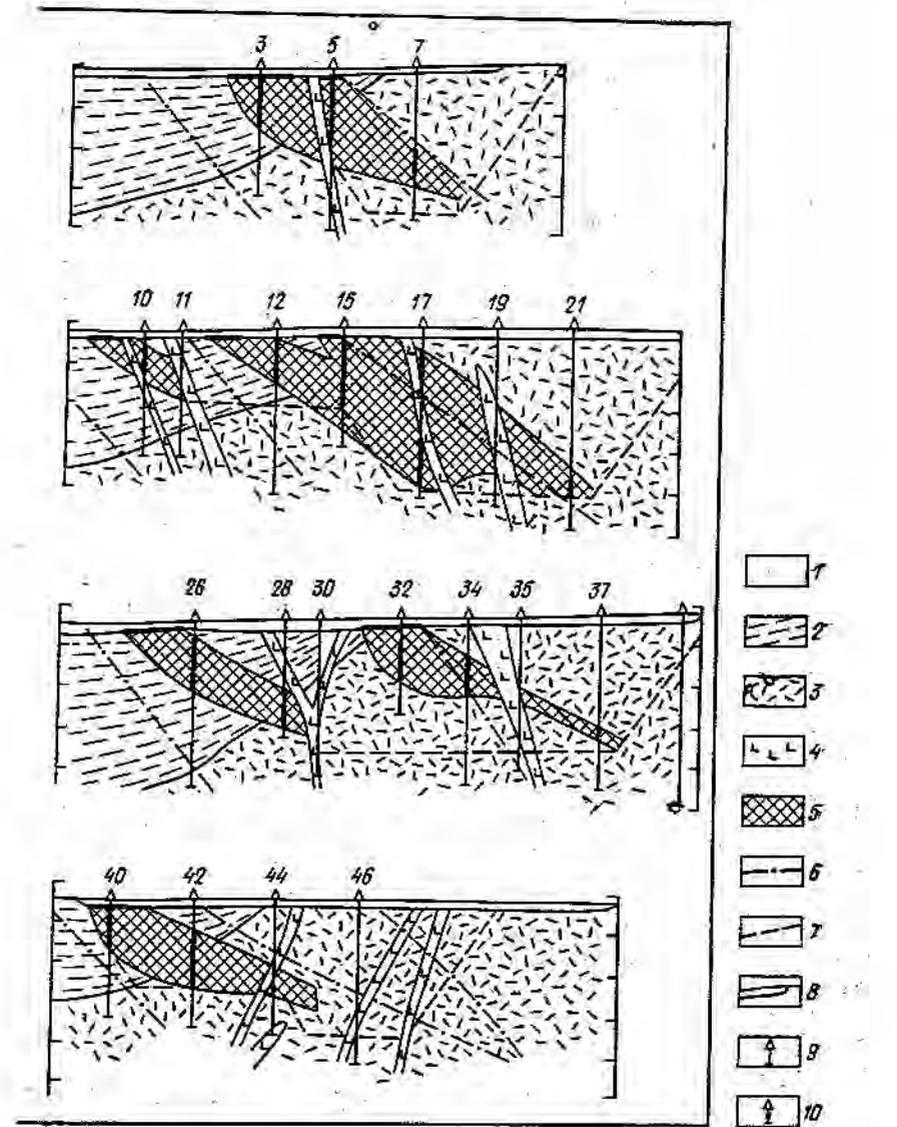


Рис. 44. Изменение морфологии небольших рудных тел при двойном разряжении
 1 — рыхлые отложения; пачки; 2 — песчанниковая, 3 — туфогенная; 4 — дайки; 5 — окислен-
 дочные канавы; 9 — скважины и их номера; 10 — промышленное оруденение по разведочно

с последующим расситованием материала проб по классам крупности и определением золота в каждом классе; подсчет запасов руды и металла в сопоставимых контурах раздельно по скважинам и горным выработкам.

В результате экспериментальных работ была доказана высокая представительность бороздового опробования и опробования шлама



разведочной сети скважин по профилям (Месторождение 9).
 ные руды; 6 — разрывные нарушения; 7 — контур запроектированного карьера; 8 — разведе-
 му пересечению

скважин шарошечного бурения. Результаты прямого и косвенного анализа достоверности данных бурения однозначно показали занижение содержания золота по результатам бурения на 10—13% (при сохранении точности в определении мощности рудных тел) из-за избирательного истирания керна (колонковое бурение) и потерей сульфидов на забое скважины (шарошечное). Ввиду ограни-

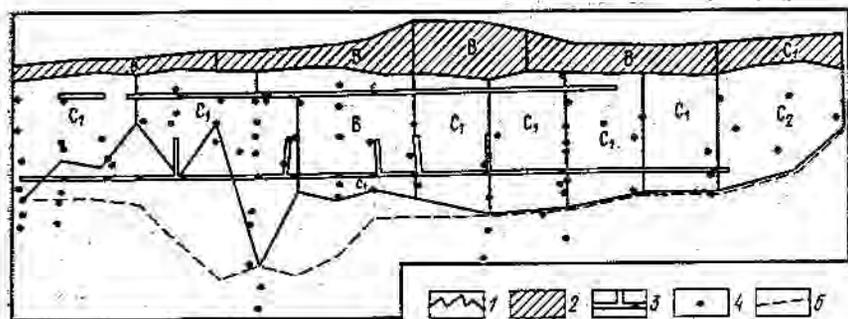


Рис. 45. Проекция рудной залежи на продольную вертикальную плоскость (Месторождение 9).

1 — контур промышленных сульфидных руд; 2 — окисленные руды; 3 — подземные горные выработки; 4 — скважины колоякового бурения; 5 — контур проектируемого карьера

ченного объема работ по прямой заверке результатов бурения горными работами повышающий коэффициент при подсчете запасов месторождения не был введен, так как величина занижения среднего содержания золота была определена недостаточно надежно.

Подсчет запасов производился только в контуре карьера, согласованного с проектной организацией. При подсчете запасов использовался метод вертикальных параллельных сечений и коэффициент рудоносности. Оконтуривание подсчитанного блока осуществлялось по нескольким разведочным сечениям (рис. 45). Объем блока рассчитывался как сумма отдельных объемов, заключенных между двумя соседними параллельными сечениями.

Рудные тела оконтуривали по данным опробования выработок с учетом геологических признаков размещения промышленного оруденения и степени концентрации сульфидов в зоне окисления. Интенсивное развитие гидроокислов железа за счет сульфидов в рудах позволило четко провести границы между рудными залежами и вмещающими породами. По данным опробования в контуре залежи выделены кондиционные и некондиционные руды. Основываясь на соотношении рудных и безрудных интервалов в контуре залежей, определялся линейный коэффициент рудоносности по разведочным сечениям.

Ураганые пробы для данного золоторудного месторождения не характерны. Выявление и ограничение крайне редко встречающихся таких содержаний золота осуществлялось для подсчетного блока по 10 %-ному лимиту (способ И. Д. Когана).

К категории В отнесены запасы сульфидных руд II группы по классификации ГКЗ СССР, разведанные подземными горными выработками и скважинами по сети $40 \times (30 \div 40)$ м, и запасы окисленных руд наиболее крупных рудных тел, разведанные канавами, шурфами и скважинами шарошечного бурения по сети 40×10 , 20×10 и 20×20 м.

К категории С₁ отнесены запасы сульфидных руд, разведанные в основном скважинами по сети $30 \times (40 \div 60)$ м — рудные тела

II группы и $40 \times (30 \div 50)$ м — рудные тела III группы, а также запасы окисленных руд средних и мелких тел, разведанные скважинами шарошечного бурения по сети 40×10 м при отсутствии или малом количестве канав и шурфов и значительной мощности наносов.

В процессе разведки для обоснования существующей плотности сети разведочных скважин в небольшом блоке было проведено максимальное сгущение сети до 10×5 м. Полученные затем результаты экспериментального разрежения сети до 10×10 , 20×10 и 40×10 м подтвердили надежность сети 40×10 м для подсчета запасов по категориям В и С₁.

На материалах разведки окисленных руд одного из участков месторождения, характеризующегося кулисообразным расположением трех рудных тел, дополнительно к выполненным исследованиям проведено разрежение сети 40×10 м в два раза. Анализ полученных результатов показал, что бурение разведочных скважин по сети 40×20 м дает возможность разведывать небольшие рудные тела практически с такой же точностью, как и при сети скважин 40×10 м (табл. 7). При рассмотрении отчета в ГКЗ СССР отмечены следующие основные недостатки:

— не решены, несмотря на длительный срок разведки месторождения, потенциальные возможности района в целом;

— весьма низка результативность геофизических исследований при решении геологических задач, хотя объем этих работ довольно большой;

— при обосновании разведочной сети методом разрежения исследовались только основные подсчетные параметры и не выяснялось влияние сети на определение морфологии и контура залежей на результаты подсчета; не проведено обоснования плотности сети для небольших по размерам рудных тел;

— не обобщен материал по влиянию выхода керна на достоверность разведки в пределах участков кондиционных руд;

— при опробовании нередко объединялись в одну пробы, отобранные с разных рейсов, имеющих различный выход керна; не проведено опробование на участках с промышленными содержаниями;

— в горных выработках отбирались пробы по одной стенке;

— бурение не всегда было высокого качества; ввиду ограниченного объема заверочных работ не установлена величина систематического занижения содержания при колонковом и шарошечном бурении;

не выяснены причины расхождений объемных масс по результатам определения их путем выемки из целиков и по образцам; в подсчете запасов было использовано завышенное его значение; для определения этого параметра не применялись геофизические методы;

— при подсчете запасов на участках разветвлений и усложненной морфологии залежей не всегда была однозначная увязка рудных тел, их границы проводились часто условно, так как они опре-

Таблица 7

Результаты разряжения исходной разведочной сети в два раза на примере рудных месторождений типа минерализованных зон

Номера разведочных разрезов	Отклонение основных параметров рудного тела по разряженной сети от исходной, %				
	содержание	площадь рудного тела	коэффициент рудоносности	запасы	
				руды	металла
<i>Рудное тело 1</i>					
1	+25	+15	-28		
2	-8	-1	-7		
3	-8	-1	-5		
4	-8	+1	-2		
5	+10	+2	+10		
6	0	-4	-7		
Среднее	+3	+1	-1	+0,2	+1,5
<i>Рудное тело 2</i>					
1	+16	-8	0		
2	-22	-4	0		
3	-17	-3	+9		
4	-9	-32	-33		
Среднее	-10	-12	+4	-3,8	-23,5
<i>Рудное тело 3</i>					
1	0	-1	0		
2	0	+6	-2		
3	+3	-9	0		
4	-11	-20	-3		
Среднее	0	-5	-1	-4,2	-5,1

делялись исходя только из бортовых лимитов; в результате искусственного оконтуривания пустых окон повышен коэффициент рудоносности; не учтен ряд выработок, вскрывающих рудные тела почти на полную мощность, а некоторые выработки с низкими содержаниями заменялись контрольными, имеющими значительно более высокое содержание.

Учитывая все это, запасы по ряду блоков были подсчитаны заново.

Месторождение 10. Рудное поле сложено карбонатными породами и песчаниками, залегающими в грабене кристаллического фундамента.

Мощность кембрийских отложений 600—700 м, юрских — колеблется от нескольких метров до 70 м. Рельеф поверхности кембрийских пород очень сложный, что обусловлено широким развитием карстовых явлений. Встречаются как одиночные, так и объединенные в группы карстовые депрессии с общим субсогласным простиранием рудоконтролирующих зон, которые фиксируются дайками щелочного состава мезозойского возраста. Все известные золоторудные месторождения рудного поля расположены на площадях развития карста и имеют однотипное геологическое строение, сходную морфологию рудных тел и одинаковый вещественный состав руд.

Золотое оруденение приурочено к стратиграфическому контакту пород и локализуется преимущественно в песчаниках, а также в образованиях коры выветривания доломитов (рис. 46).

Первичные кварц-пиритовые руды почти нацело окислены, слабосцементированы (объемная масса 1,7—1,8) и имеют вид песчаноглинистой рыжей массы с обломками и реликтами более плотных вмещающих пород и агрегатов первичных руд. Последние встречаются очень редко, в основном в нижних частях рудных тел, и представлены плотными серыми адуляр-кварцевыми гидротермальнометасоматическими образованиями с содержанием сульфидов до 10 %, редко более.

Промышленное значение имеет золото. Самородное серебро встречается в незначительном количестве. Золото преимущественно субмикроскопическое, ассоциирует с сульфидами. Крупное свободное золото встречается редко, его количество не превышает 8 %. Руды с более высокой концентрацией золота обычно сосредоточены в центральных и верхних частях рудных тел.

Рудные тела, представленные горизонтальными залежами сложной формы, наследуют форму карстовых депрессий. В плане форма рудных тел вытянутая, лентообразная с сильно извилистыми контурами, раздувами, пережимами и ответвлениями (рис. 47). Внутри рудных тел встречается много участков доломитов разнообразной формы и размеров. Нижняя граница рудных тел определяется в основном сложным рельефом закарстованной поверхности

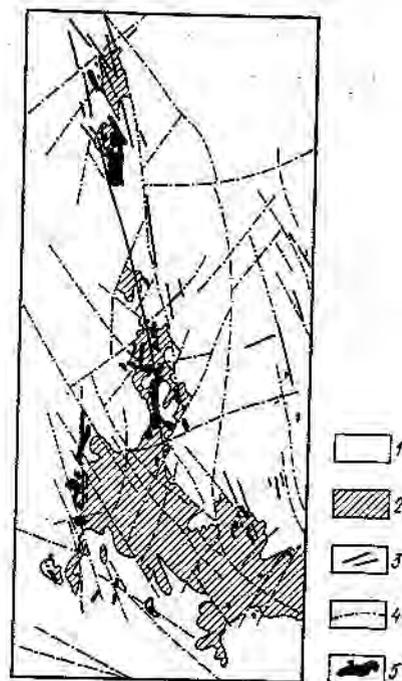


Рис. 46. Геолого-структурная схема рудного поля (Месторождение 10).
1 — карбонатные породы; 2 — песчаники;
3 — щелочные дайки; 4 — разрывные нарушения; 5 — рудные тела

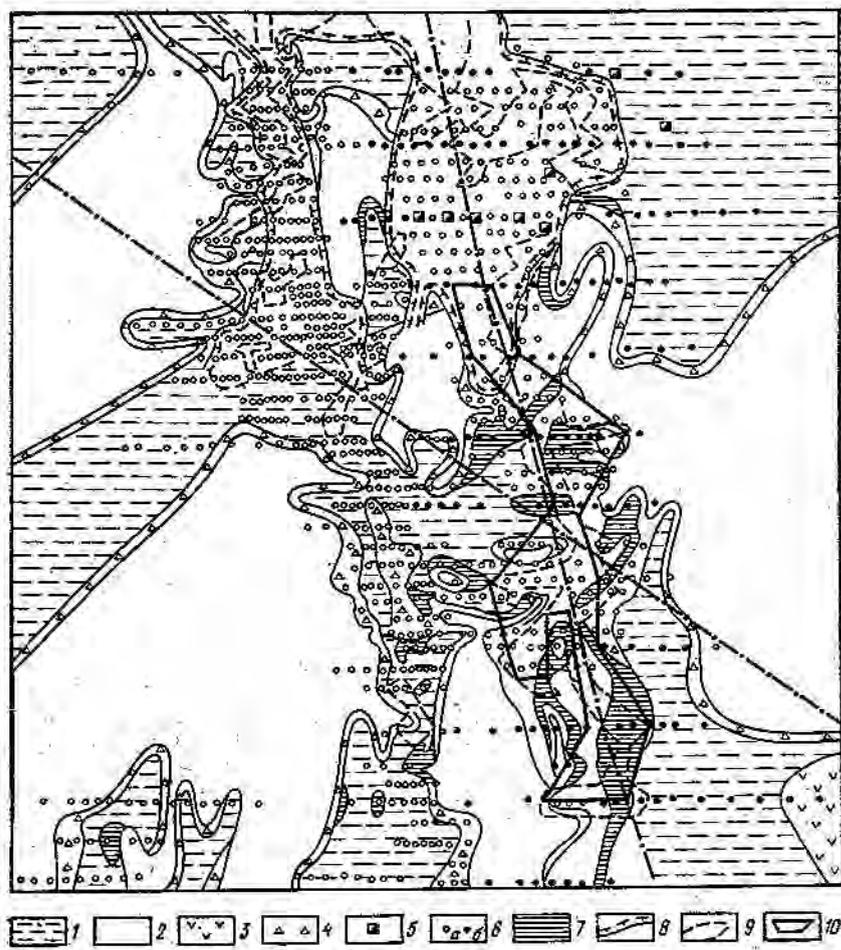


Рис. 47. План разведки месторождения, приуроченного к карстовым депрессиям (Месторождение 10).

1 — аркозовые песчаники с прослоями алевролитов; 2 — доломиты и известняки с прослоями мергелей; 3 — пластовые интрузии сленит-порфиров; 4 — кора выветривания карбонатных пород; 5 — шурфы; 6 — скважины; а — пробуренные на стадии разведки, б — пробуренные при эксплуатации; 7 — выход рудных залежей на поверхность; контур рудных залежей по данным разведки; 8 — детальной, 9 — эксплуатационной; 10 — контур отработки рудных тел

карбонатных пород (рис. 48). Кровля рудного тела волнистая, местами ступенчатая и, до некоторой степени, субпараллельна подше.

Размеры рудных тел по простиранию от 100 до 2000 м и более при ширине от первых до нескольких десятков метров, в отдельных случаях 100 м и более.

Мощность рудных тел колеблется от первых до нескольких десятков метров и составляет в среднем по отдельным рудным телам 6—7 и даже 15—16 м. В пределах каждого месторождения имеется

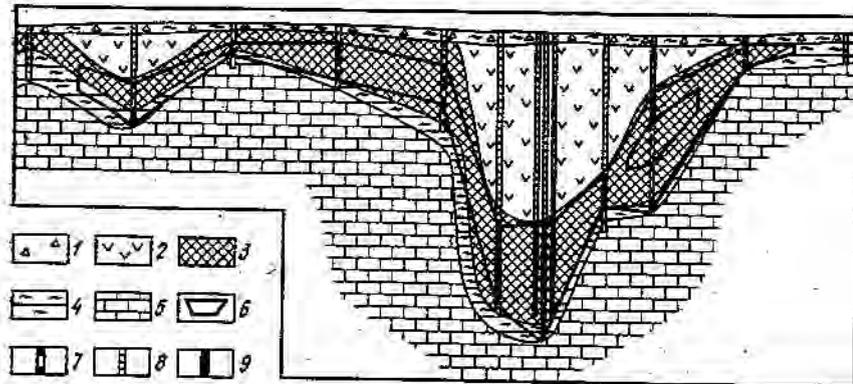


Рис. 48. Геологоразведочный разрез месторождения типа пологозалегающих залежей, приуроченных к карстовым депрессиям (Месторождение 10).

1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — аркозовые песчаники с прослоями алевролитов и конгломератов; 3 — ламонит-гематит-кварцевые руды; 4 — древняя кора выветривания карбонатных пород; 5 — битуминозные известняки с прослоями доломитов; 6 — контур рудного тела, отстроенного с учетом кондиций; 7 — скважины; интервалы скважин с содержанием; 8 — ниже бортового, 9 — выше бортового

1—2 или 10—15 промышленных рудных тел. Все известные месторождения в пределах рудного поля отнесены к III группе по классификации ГКЗ СССР.

Изучение месторождений на всех стадиях геологоразведочного процесса осуществлялось по профилям, ориентированным вкrest простирания рудоконтролирующих структур. При поисково-оценочных работах перспективные участки вскрывались отдельными шурфами, канавами и траншеями по профилям через 400 м.

На стадии предварительной разведки на площадях, получивших положительную оценку, сеть поверхностных выработок сгущалась в два раза (200×40 м). Выявленные рудные тела разведывались на глубину и оконтуривались в плане скважинами ударно-канатного бурения. По результатам предварительной разведки были подсчитаны запасы по категории С₂. Детальная разведка рудных тел осуществлялась также бурением (в основном ударно-канатным) по сети 100×20 м со сгущением на флангах до 50×20 м. Сеть 50×20 м применялась для разведки и небольших рудных тел. После детальной разведки по указанной сети были подсчитаны запасы категории С₁; запасы, разведанные по сети 200×40, были отнесены к категории С₂.

В период эксплуатации практически на всех разведанных площадях была проведена доразведка рудных тел по более плотной разведочной сети. В результате 23,5 % запасов оказались разведанными по сети 12,5×10 м, 46,6 % — по сети 25×(20÷10) м, 25,5 % — по сети 50×20 м и 4,4 % — по сети 100×20 м. Несмотря на столь различную плотность разведочных скважин, практически все запасы были отнесены к категории С₁ и только незначительная их часть — к категории С₂.

Для обоснования принятой плотности разведочной сети были проведены опытно-методические работы по сопоставлению запасов, разведанных с различной плотностью разведочных скважин, с запасами, оконтуренными по скважинам эксплуатационной разведки и буровзрывным скважинам при эксплуатации. Исследования показали, что наиболее приемлемыми для оконтуривания и подсчета запасов по категории C_1 — разведочные сети 25×20 и 25×10 м. Последующий анализ данных разведки и эксплуатации месторождений показал, что выбранные сети чрезмерно густые. Первоначально для опытно-методических работ были выбраны рудные тела, где из-за случайного расположения разведочных скважин наблюдаются наиболее существенные расхождения в подсчетных параметрах по результатам детальной и эксплуатационной разведки. Сравнение выполнено только для основного варианта. Выбранные примеры не позволили определить степень сопоставимости участков или горизонтов рудных тел с остальными отработанными участками, поскольку были существенные отклонения как в положительную, так и отрицательную стороны.

В связи с тем что рудные тела этих месторождений отличаются исключительно сложным строением и крайне неравномерным распределением оруденения, увеличение плотности разведочной сети при детальной разведке, как правило, не приводит к повышению надежности подсчета запасов, а только способствует незначительному уточнению контуров рудных тел. Анализируемые сети с плотностью 50×20 — 25×10 м имеют приблизительно одинаковые (сопоставимые) погрешности подсчета запасов, и лишь разведочная сеть 100×20 м при разведке небольших рудных тел дает заметно более высокие погрешности.

Сравнение данных детальной разведки и эксплуатации (по скважинам) за весь период отработки показало, что по всем месторождениям рудного поля коэффициенты отклонения данных эксплуатации к данным разведки составили: по руде — 1,11, среднему содержанию — 0,94, запасам золота — 1,05. Таким образом, существенных расхождений не отмечается. Следовательно, разведочные сети 100×20 м для разведки крупных рудных тел и 50×20 м для разведки флангов и мелких рудных тел позволяют надежно определять запасы на золоторудных месторождениях, представленных сложными залежами, приуроченными к карстовым депрессиям. Указанные сети обеспечивают определение общего контура промышленных руд и подсчет запасов по категории C_1 . Применение более густых разведочных сетей (25×20 и 25×10 м) на стадии детальной разведки приведет к увеличению сроков разведки, но не позволит существенно уточнить запасы месторождений. Такие сети следует применять при эксплуатационной разведке для подготовки запасов к отработке и уточнения положения контуров залежей перед эксплуатационным опробованием буровзрывным методом.

На рассматриваемых месторождениях применялись два способа опробования: бороздовое в шурфах и траншеях и опробование шлама из скважин ударно-канатного бурения.

Шурфы опробовались бороздовым способом по двум противоположным стенкам сечением 10×5 см и секциями длиной до 1 м. Канавы и траншеи опробовались бороздой по осевой части полотна выработок. Шлам из скважин отбирался желонкой с каждого метра углубки. Масса начальной пробы составляла 58—68 кг. В результате последовательного четырехкратного деления масса пробы доводилась до 3,6—4,2 кг. После сушки и квартования проба массой 1,8—2,1 кг направлялась в лабораторию на пробирный анализ.

Для определения надежности опробования ударно-канатного бурения были пройдены контрольные шурфы. Объем проходки шурфов составлял около 5 % от общего объема бурения. Всего было заверено 187 скважин с проходкой по руде 1680 м выработок. Бороздовым опробованием по двум стенкам контрольных шурфов было установлено, что по результатам бурения мощность рудных тел завьшается на 15,4 %, а содержание золота занижается на 10,4 %. Линейные запасы золота оказались практически одинаковы. Таким образом, при соблюдении технологии бурения результаты шламowego опробования достаточно надежны для оконтуривания и подсчета запасов.

Подсчет запасов производился методом геологических разрезов с выделением подсчетных блоков между двумя смежными параллельными профилями. Оконтуривание балансовых запасов в разрезах осуществлялось путем экстраполяции на середину расстояния между выработками с кондиционным и некондиционным содержанием. При отсутствии оконтуривающей выработки с некондиционным содержанием допускалась экстраполяция контура за пределы последней выработки с кондиционным содержанием.

Рудные тела по простиранию оконтуривались методом ограниченной экстраполяции на середину расстояния между разведочными разрезами, если по последнему из них получены средние содержания золота не ниже минимально промышленного значения. В других случаях контур промышленных запасов ограничивался последним разрезом, отвечающим кондициям. При оконтуривании балансовых запасов учитывались особенности геологического строения месторождения и, в первую очередь, строение, форма и расположение карстовых депрессий.

К категории C_1 относились запасы в контурах, разведанных скважинами и шурфами по сети 100×20 (крупные рудные тела) и 50×20 м (фланги крупных тел и мелкие рудные тела). По категории C_2 подсчитывались запасы, разведанные по сети 200×80 и 200×40 м.

Ограничение ураганных проб при подсчете запасов проводилось по методу И. Д. Когана, причем выполнено двойное ограничение: в отдельных сечениях, а затем по сквозным сечениям в подсчетных блоках. Основные недостатки при разведке этого объекта следующие:

— при значительных сроках изучения и разведки месторождения не сделано достаточное обоснование перспектив месторождения и района;

— разведка проведена в основном ударно-канатным бурением. В связи с чем особенности внутреннего строения рудных тел, локализации оруденения, размещения различных сортов руд остались недостаточно выясненными, а богатый опыт эксплуатации не использован для этих целей;

— низкое качество бурения; более 50 % скважин пробурено без обсадных труб, что снизило надежность бурения на месторождении;

— не проведена оценка надежности данных бурения путем проходки сопряженных шурфов или путем сравнения с результатами опробования эксплуатационных буровзрывных скважин;

— по многим разведочным линиям отсутствуют законтурные скважины;

— не проведено опробование на серебро, качество аналитических работ контролировалось несистематически и в недостаточных объемах.

6. Месторождения с трубообразными телами

Месторождение 11. Рудное поле расположено на периферии крупной вулканотектонической структуры, в зоне сочленения глубинного разлома с рядом крупных поперечных разломов, наложенных на древнюю кальдеру. Площадь рудного поля сложена вулканогенными породами андезит-дацитовой формации, образующими моноклинально залегающие согласные горизонты и сидлы. Субвулканические тела представлены небольшими штоками. Среди интрузивных пород отмечаются кварцевые сиенит-диоритовые порфириды и дайки гранодиорит-порфиридов, фельзит-порфиридов и лампрофиридов. Развитая система крутопадающих секущих разломов и пологих нарушений определяет блоковое строение рудного поля со значительными вертикальными и горизонтальными смещениями отдельных блоков.

В рудном поле известны жилы и трубообразные тела. Жилы контролируются крутопадающими секущими разломами. Трубообразные рудные тела приурочены к концентрически-полукольцевым крутопадающим структурам (рис. 49) и локализованы в изгибах рудовмещающих разломов по простиранию, а также в зонах сочленения их с оперяющими разрывами. Часть трубообразных тел тяготеет к нарушениям, вмещающим жилы. Морфология трубообразных тел определяется пространственным соотношением нарушений. Преобладают два типа тел: эллипсоидные и линейные, относительно вытянутые, маломощные. Наиболее продуктивны тела первого типа. Их максимальные размеры по диаметру (на поверхности) колеблются от первых десятков до 100 м. Форма тел меняется с глубиной. На нижних горизонтах тела сужаются и приобретают более округлые очертания (рис. 50). Несмотря на небольшие размеры в плане, рудные тела характеризуются высокими и весьма высокими содержаниями золота, прослеживающимися по падению на сотни метров. По падению тела имеют коленообразные изгибы и на глубине соединяются друг с другом.

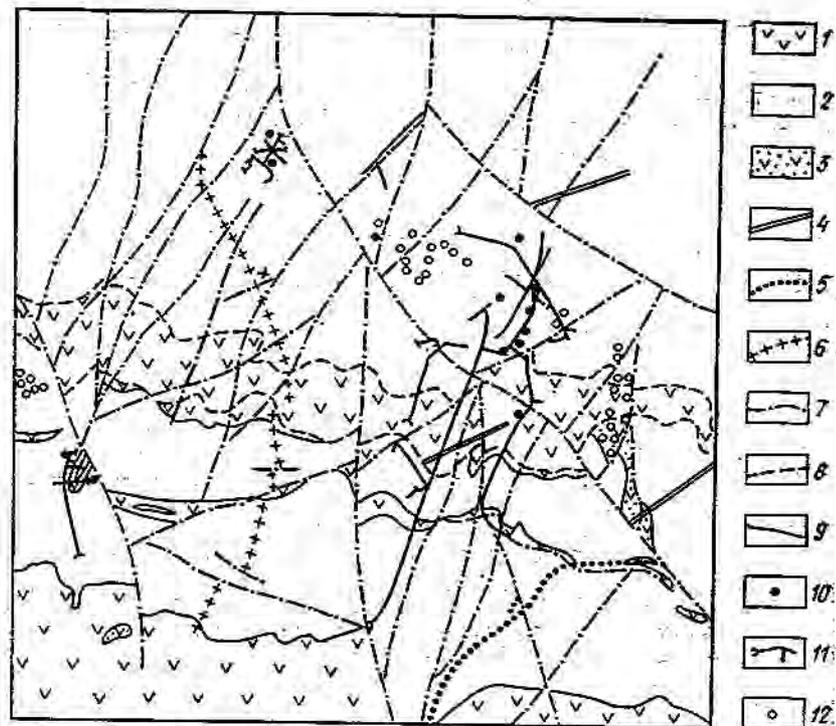


Рис. 49. Геолого-структурная схема месторождения с трубообразными рудными телами (Месторождение 11).

1 — эффузивная фацция (туфы, лавовые брекчии андезитов и андезит-дацитов с прослоями и линзами глыбовых туфов, туфитов того же состава); 2 — субвулканическая фацция (андезитовые, андезит-дацитовые и дацитовые туфы); 3 — жерловая фацция (лавовые брекчии андезитовых порфиридов, дацитовые порфиры); дайки: 4 — диабазовые и диабазовых порфиридов; 5 — гранодиорит-порфиры, 6 — лампрофириды; разрывные нарушения: 7 — крутопадающие, 8 — пологопадающие; 9 — геологические границы; 10 — рудные тела; 11 — подземные горные выработки; 12 — скважины

Мощность рудных тел варьирует незначительно, но наблюдаются отдельные резкие пережимы. Контакт с вмещающими породами четкий, тектонический.

Трубообразные тела сложены полиминтовой брекчией, скрепленной каркасом тонких жил и прожилков халцедоновидного кварца. В пределах трубок наблюдаются сплошные тела метасоматического кварца различной формы и площадью от 2 до 30 м².

Характерна зональность отложения минеральных ассоциаций. На верхних и нижних горизонтах распространены пирит-кварцевые и кварцевые ассоциации, на средних — полисульфидно-кварцевая. Среди минералов преобладают пирит, отмечаются крупные скопления блеклых руд, меньше распространены халькопирит, галенит, сфалерит, теллуриды, сульфосоли меди, висмута, серебра и др. Рудообразование протекало в две стадии. В первую, кварц-пиритовую, происходили окварцевание и пиритизация с метакolloидным кварцем; выделялось самородное тонкодисперсное золото. Минеральные агрегаты второй блекло-теллуридной стадии отлагались на участ-

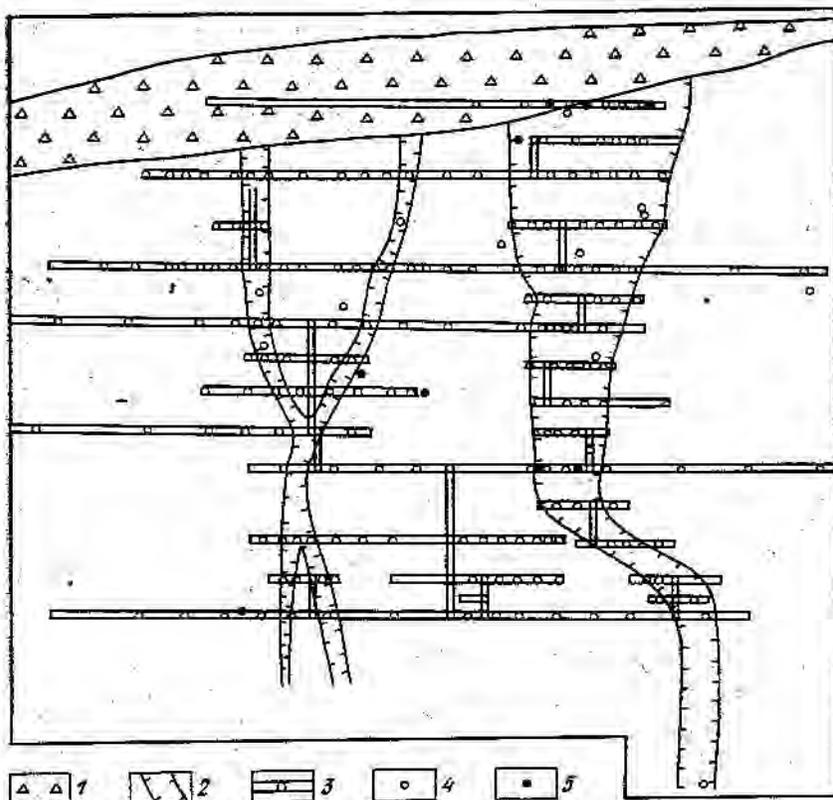


Рис. 50. Система разведки трубообразных рудных тел в проекции на вертикальную плоскость (Месторождение 11).
1 — рыхлые четвертичные отложения; 2 — границы рудных тел; 3 — подземные горные выработки; скважины: 4 — поверхностные, 5 — подземные

ках, сложенных минералами первой стадии, путем метасоматического замещения. Золото этой стадии имеет три формы: субмикроскопические включения в сульфидах; более крупные зерна в кварце; широко распространенные теллуриды (калаверит, петцит и др.).

Основные ценные компоненты руд — золото и отчасти серебро; попутные — медь, свинец, цинк, висмут, сурьма, селен, теллур. Содержание золота в массивном кварце значительно выше, чем в окварцованных брекчиях. В сплошных телах метасоматического кварца широко развиты минералы продуктивных ассоциаций и бонанцевые обособления богатых руд, которые условно называют «рудными столбами трубообразной формы». Положение бонанц контролируется структурами пересечений, сопровождающимися интенсивной трещиноватостью. Форма бонанц повторяет в основном форму рудных тел на данном горизонте (рис. 51). Их площади колеблются от 2 до 60 м² и составляют 5—15 % общей площади рудных тел в разрезах, но на них приходится от 55 до 85 % запасов золота.

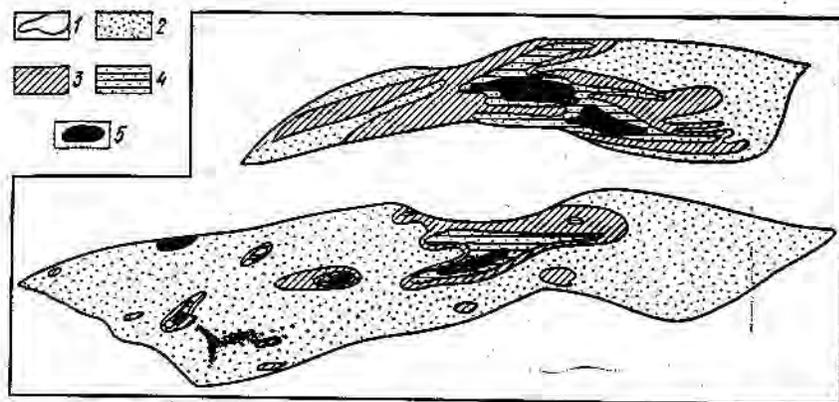


Рис. 51. Аксонометрическая проекция трубообразного рудного тела (Месторождение 11).

1 — граница рудного тела; руды: 2 — убогие, 3 — бедные, 4 — рядовые, 5 — богатые

В пределах обогащенных участков золото распределено крайне неравномерно, коэффициент вариации содержаний по пробам более 100 %. Остальные части рудных тел часто относятся к некондиционным. Положение, форму, размеры и количество бонанц трудно определить даже при существующей густоте разведочной сети 10×20 м. Только эксплуатационная разведка позволяет выявить и надежно оконтурить обогащенные участки рудных тел.

По сложности морфологии и внутреннего строения трубообразные тела относятся к 3—4 группам по классификации ГКЗ СССР. Основными факторами, определяющими выбор методики разведки, являются: небольшие размеры рудных тел; наличие бонанц; крайне высокая неравномерность распределения золота; значительные вариации мощности рудных тел по падению; коленообразные изгибы рудных тел.

На ранних этапах изучения была доказана промышленная ценность месторождения, но из-за трудности обнаружения рудных тел с поверхности традиционная последовательность геологоразведочного процесса была изменена. Все стадии геологоразведочных работ были сближены во времени и проводились одновременно практически на одной и той же площади. Имели место два этапа: поисковые работы и детальная разведка, которая непосредственно переходила в эксплуатацию. Поисково-оценочные работы и предварительная разведка фактически не осуществлялись.

На стадии детальных поисков из-за малой эффективности геохимических и геофизических методов осуществлялась проходка горизонтальных горных выработок (штольни, квершлаг). Наземные вертикальные скважины вследствие их низкой результативности для поисковых целей использовались редко. В пределах рудных зон по их простиранию проходились штольни, из которых задавались квершлаг и бурили горизонтальные скважины (см. рис. 49). На горизонтах по вскрытым рудным телам развивалась сеть разведоч-

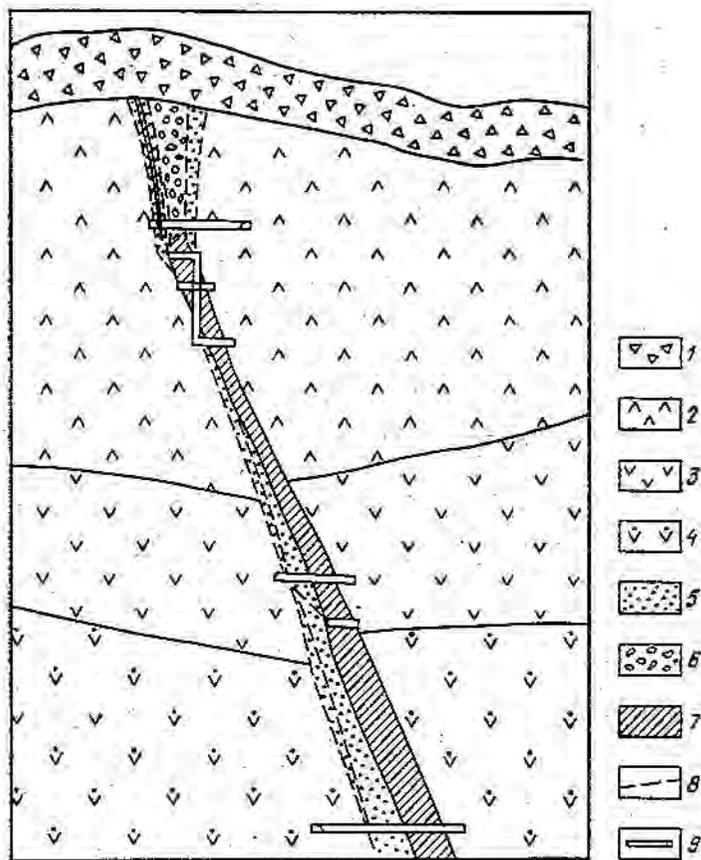


Рис. 52. Геологоразведочный разрез месторождения с трубообразными рудными телами (Месторождение И).

1 — рыхлые отложения; 2 — лавовые брекчии и туфы андезитового состава; 3 — андезит-дацитовые порфиры и их брекчии; 4 — туфы литокластические, спонгиозные, андезитового состава; 5 — зоны трещиноватости; 6 — брекчии и линзы кварца; 7 — кварцевые тела; 8 — разрывные нарушения; 9 — подземные горные выработки

ных выработок (рассечки, короткие скважины). По падению рудные тела прослеживались небольшим числом наклонных скважин через 40—80—120 м. Детальная разведка осуществлялась горизонтальными и вертикальными горными выработками в сочетании с бурением неглубоких скважин (см. рис. 50). Основные горизонты штолен проходились через 35—60 м; из восстающих задавались дополнительные горизонты через 10—20 м (рис. 52).

Для рудных тел различной протяженности по падению количество горизонтов колебалось от 4 до 16. На всех горизонтах рудные тела пересекаются по нормали к их длинной оси рассечками через 10 м, а на основных горизонтах между рассечками дополнительно бурятся горизонтальные скважины через 2—5 м. Опробование (бороздое, сплошное, секционное) производилось по обеим

стенкам рассечек и восстающих; в забоях штолков через 2—3 м. Сечение борозды 10×5 см, длина секции 1 м. В скважинах опробовался керн, а при низком его выходе — шлам; интервал опробования 1 м.

Для обоснования принятого сечения борозды и контроля качества отбора проб отбирались сопряженные щелевые пробы сечением 20×5, 10×5 и 5×3 см с помощью механического пробоотборника. При сравнении результатов основного и контрольного опробования с сечением проб 10×5 и 20×5 см установлено отсутствие систематической ошибки. Бороздое опробование сечением 5×3 см дало большие расхождения с основным. Сравнение с валовыми пробами показало, что средние содержания золота по ним на 7,2 % выше, а серебра на 30,8 % ниже, чем по бороздовым пробам. По основному рудному телу в контуре кондиционных руд при опробовании керна скважин установлено завышение среднего содержания золота на 36,4 %, серебра на 49,9 % и мощности на 4 %.

Запасы по трубообразным телам подсчитывались горизонтальными и геологическими блоками. Способ горизонтальных разрезов применялся только на двух рудных телах, имевших по падению трубообразную форму с линзовидными срезами в горизонтальных сечениях. Проведенные при этом разведочные работы позволили детально охарактеризовать горизонтальные разрезы через 20 м по вертикали. Способ геологических блоков использовался для более вытянутых уплощенных рудных тел с подсчетом запасов на вертикальных проекциях. Подсчетные блоки ограничивались горизонтами штолен. Рудные тела по мощности в разведочных сечениях оконтуривались по данным опробования.

К категории C_1 отнесены запасы в блоках, ограниченных горизонтами горных выработок и прослеженных восстающим; высота блоков 10—40 м. Подвеска к горизонту, разведанному горными выработками (или надстройка над ним), допускалась на расстояние, не превышающее половину высоты этажа (10 м). Запасы категории C_2 получали подвеской к запасам категории C_1 на 20—40 м с распространением на них подсчетных параметров примыкающих блоков категории C_1 .

Средние содержания рассчитывались способом средневзвешенного, а мощность — среднеарифметическим методом. Ограничение ураганных значений при подсчете геологическими блоками проводилось в блоке или по группе блоков с малым количеством сечений. Ограничивались не отдельные пробы, а сечения. Ураганным считалось сечение, метрограмм которого при $n < 20$ превышает 20 % от суммы метрограмма, а при $n > 20$ 10 % суммы. В рудных телах, где запасы подсчитали методом горизонтальных сечений, по этой же методике органичивались не сечения, а отдельные пробы в сечениях. Ураганное значение заменялось на ближайшее к нему рядовое или на 20 % от суммы метрограмма по сечению. В результате ограничения средние содержания золота в отдельных блоках снижались на 10—15 и даже 40 %.

Использование различных геофизических методов для поисков трубчатых тел на месторождении не дало положительных результатов из-за малых размеров рудных тел. Только использование метода радиопросвечивания (скважинный и шахтный варианты) принесло в последнее время обнадеживающие результаты. Этот метод позволил при относительно редкой сети фиксировать наличие трубок (как в варианте РП, так и ВЭМК), выполненных сульфидными и кварц-сульфидными рудами.

ГКЗ СССР отметила следующие недостатки при разведке:

— в процессе разведки не опенены глубокие горизонты и ряд перспективных участков, что сдерживает развитие детальной разведки;

— не использовались методы скважинной и шахтной геофизики для выявления и оконтуривания трубок;

— в связи с крайне неравномерным распределением промышленного оруденения и весьма сложным внутренним строением рудных тел закономерности размещения кондиционного оруденения внутри подсчетных контуров выяснены лишь в самых общих чертах даже при достаточно плотной разведочной сети.

— нерегулярность сети, отсутствие в отдельных случаях на изометричных трубках поперечных разведочных выработок и недостаточное использование восстающих и подземного бурения для оконтуривания и проверки сплошности оруденения;

— не сделан анализ выхода керна в различных породах и рудах;

— в недостаточном объеме и в основном только бороздами большого сечения проведена заверка основного вида опробования, поэтому вывод о надежности его нельзя признать достоверным;

— при определении объемной массы руд занижены объемы валовых проб на 10—15 %, что привело к введению коэффициента 0,9;

— отсутствие геологического контроля анализов на селен и теллур.

В результате часть запасов была переведена в категорию C_2 , уменьшены размеры ряда блоков, запасы попутных компонентов также переведены в C_2 . В дальнейшем было рекомендовано при разведке шире использовать бурение, штреки и восстающие для проверки сплошности оруденения, обосновать достоверность результатов бурения и определить рациональное соотношение объемов горных и буровых работ при разведке рудных тел.

ОПРОБОВАНИЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

При разведке золоторудных месторождений применяются три основных типа опробования — геологическое, специальное и технологическое. Они отличаются по своему назначению, методике проведения работ, количеству отбираемых проб и методам их исследования.

4.1. ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

Геологическое опробование — одна из главных операций геологоразведочных работ. При разведке золоторудных месторождений она становится наиболее ответственной в связи с относительно низкими содержаниями золота в рудах, неравномерным его распределением, разным размером золотинок, встречающихся часто в одной и той же руде, а также высокой ковкостью золота, обуславливающей его плохую измельчаемость при дроблении материала.

Сущность геологического опробования заключается в отборе, обработке и анализе материала проб с целью получения представительных данных о среднем содержании полезных и вредных компонентов в определенном объеме недр — месторождении или отдельном рудном теле, участке, блоке. Основу этих данных составляет геологическое опробование, т. е. система проб, размещенных в соответствующем объеме.

Геологическое опробование проводится на всех стадиях геологоразведочного процесса, начиная от стадии поисковых работ и кончая эксплуатационной разведкой. Основные его задачи: изучение вещественного состава руд в коренном залегании, определение количества полезных и вредных компонентов, заключенных в рудах, выявление характера распределения этих компонентов по простиранию, падению и мощности рудных тел. На основе данных опробования устанавливаются границы рудных тел, контуры промышленного оруденения, и в конечном итоге осуществляется подсчет запасов основных и попутных компонентов. Данные геологического опробования при разведке — это основной источник информации о концентрации и особенностях пространственного распределения изучаемых компонентов. Они служат основой геометризации недр при подсчете запасов. Вопросы опробования при 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 стадии поисково-оценочных работ опробование носит в основном выборочный характер и состоит из отбора проб в естественных обнажениях и отдельных ка-

навах, шурфах и скважинах, вскрывающих золотое оруденение. По результатам опробования устанавливаются наличие золота и его примерные содержания в рудопроявлениях и рудных телах, на основе которых определяются приблизительные размеры рудных тел в плане и предварительно изучается вещественный состав руд.

На стадии предварительной разведки систематически опробуются все без исключения горные выработки и скважины. 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 систематическое опробование продолжается. Опробуются все горные выработки и скважины в интервалах с промышленным золотым оруденением; интервалы, заведомо не содержащие оруденения, как правило, опробуются выборочно. Основные задачи опробования этого периода следующие: установление вещественного состава руд и характера распределения золота и попутных компонентов; изучение пространственного размещения промышленных сортов руд; выбор места отбора больших технологических проб для промышленных испытаний. На основе данных детальной разведки подсчитываются запасы руды и металла с учетом утвержденных кондиций и предполагаемого способа отработки месторождения.

В решении задач, поставленных перед рассмотренными стадиями геологоразведочных работ, ведущая роль принадлежит геологическому опробованию, методика проведения которого тесно связана с методикой и системами разведки золоторудных месторождений. Ввиду значительного объема опробования, проводимого при разведке, и большого значения получаемых при этом результатов, рекомендуется уже в начальный период разведочных работ проводить экспериментальные исследования по выбору наиболее надежных, рациональных и производительных способов отбора проб. При этом следует исходить из того, что ошибки опробования влияют не только на определение качественной и количественной характеристики руд, правильное оконтуривание промышленного оруденения и точность подсчета запасов, но и в значительной мере определяют общую геолого-экономическую эффективность результатов разведочных работ.

Поэтому геолого-экономическое значение опробования должно рассматриваться, в первую очередь, с точки зрения наиболее надежного оконтуривания рудных тел, выявления особенностей их морфологии и точного положения в пространстве, оценки качества и количества руд и характера распределения в них золота, т. е. материалов, служащих основой подсчета запасов и в значительной мере способствующих эффективной отработке месторождения, сокращению потерь и разубоживания промышленных руд. Снижение

расходов на опробование не является определяющим экономическим фактором, если принять во внимание соотношение затрат на проходку разведочных выработок, бурение и затраты на само опробование.

При геологическом опробовании необходимо соблюдать следующие основные требования: 1) способ отбора проб и методика опробования должны соответствовать геологическим особенностям золоторудных месторождений, а также характеру распределения золота и других компонентов; 2) количество проб должно обеспечивать представительное определение качественных и количественных показателей рудных зон; 3) отбор, обработку и анализ проб следует проводить согласно разработанной технологии с соблюдением требований, обеспечивающих надежность определения содержания золота и других компонентов по каждой пробе.

В связи с тем что надежность проб и представительность результатов опробования в целом определяют оценку разведываемого месторождения, общую геолого-экономическую эффективность разведочных работ и дальнейшую рациональную эксплуатацию объекта, все операции опробования необходимо систематически контролировать. Контроль за качеством отбора, оказывающим значительное влияние на конечные результаты разведки месторождения, необходимо проводить систематически непосредственно в ходе всего процесса геологоразведочных работ. Надежность опробования определяется целым рядом геологических и методико-технологических факторов.

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

1. Отбор проб в разведочных горных выработках

Основные виды проб и способы их отбора

При опробовании выделяются три основных вида проб — линейные, объемные и точечные, которые могут отбираться в разведочных горных выработках в зависимости от целевого назначения опробования. Наибольший объем при геологическом опробовании золоторудных месторождений в настоящее время приходится на долю линейных и объемных проб.

Первые — это рядовые геологические пробы, отбираемые при сплошном (сквозном) опробовании руд и вмещающих пород в раз-

ведочных горных выработках (пересечениях) и скважинах. Вторые — контрольные (эталонные) пробы, с помощью которых оценивается надежность рядовых геологических проб, отбираемых различными способами. Точечные пробы на золоторудных месторождениях при систематическом опробовании практически не берутся. Их отбор возможен лишь при выборочном опробовании руд и вмещающих пород на ранней стадии изучения месторождения (поисково-оценочные работы). Помимо геологического опробования объемные и точечные пробы в значительных количествах отбираются при разведке для специального и технологического опробования.

Отбираются перечисленные виды проб различными способами: линейные пробы — в основном бороздовым и шпуровым способами; объемные — валовым и задиrkовым; точечные — штупным и горстевым. Ведущим для отбора линейных проб в горных выработках является бороздовый способ. В настоящее время опробование коренных месторождений золота ведется главным образом бороздовым способом. Он широко проверен практикой разведки и большим объемом экспериментальных работ.

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

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

Однако этот способ имеет и ряд недостатков, основными из которых являются: возможность появления систематических погрешностей опробования за счет избирательного выкрашивания и попадания в пробу материала различной хрупкости и обогащенности полезным компонентом (золотом) в процессе ее отбора; сложность сохранения строго постоянного сечения борозды; большая трудоемкость и низкая производительность труда при ручном отборе проб.

При решении задач, связанных с повышением надежности опробования, одно из центральных мест занимает вопрос улучшения качества отбора бороздовых проб. Качество бороздовых проб за-

висит от соблюдения ряда технологических условий, важнейшими из которых являются: предварительное выравнивание и зачистка мест отбора геологических проб; сохранение постоянного сечения борозды; полный сбор материала отбираемой пробы.

Трудности выполнения этих условий в производственной обстановке обусловлены тем, что отбор бороздовых проб в процессе разведки ведется ручным способом с помощью зубила и молотка. Даже если принимаются все меры для качественного отбора проб, возникновения различных по величине и характеру погрешностей не удастся полностью избежать в силу объективных и субъективных причин. К объективным причинам, вызывающим появление систематических погрешностей бороздового опробования, относится различие в физико-механических свойствах минералов и агрегатов руд. К субъективным причинам могут быть отнесены: несоблюдение сечения борозд по мере их отбора, допускаемое каждым отдельным пробоотборщиком; засорение материала пробы случайно вывалившимися кусочками руды или вмещающих пород; различная потеря отбираемого материала за счет неизбежного его разлета и т. д. В большинстве случаев причины субъективного порядка вызывают при опробовании погрешности случайного характера.

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 электрическим или пневматическим приводом — ИЭ 6404 и ИП 6401. От всех ранее разработанных моделей пробоотборников этого типа (разработки ВИТР и др.) они выгодно отличаются простотой конструкции, малой массой, отсутствием вспомогательных приспособлений (поддержек, направляющих штанг и др.). Эти пробоотборники обеспечивают наиболее эффективный механизированный способ отбора бороздовых проб. С помощью параллельно расположенных мелкоалмазных кругов вырезается и легко скалывается щелевая бороздовая проба (ширина 2—3 см, глубина 5—6 см), в результате значительно повышаются уровень механизации и производительность труда, обеспечиваются ровные (гладкие) поверхности боковых стенок борозды, сводится до минимума избирательное выкрашивание материала и уменьшается влияние субъективных и объективных факторов на результаты опробования.

Распространен при разведке золоторудных месторождений и задиrkовый способ отбора, применяемый в случае опробования жил малой мощности в подземных горных выработках или сильно выветрелых выходов рудных тел при вскрытии их канавами и траншеями. Другие способы отбора проб (шпуровой, горстевой) в процессе разведки золоторудных месторождений имеют весьма ограниченное развитие. Валовый способ в качестве основного способа отбора геологических проб при разведке золоторудных месторождений не используется. Это вызвано его большой стоимостью и трудоемкостью взятия и обработки проб.

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

Если в рудах установлена тесная корреляционная связь золота с другими компонентами, содержание которых надежно определяется ядерно-физическими методами (медь, свинец и т. д.), то существует возможность выяснения содержания золота в коренном залегании руд косвенным путем. Для этого ядерно-физическими методами устанавливается содержание этих элементов, а затем с помощью уравнений регрессии вычисляют содержание золота.

Морфологический тип и мощность рудных тел, их условия залегания, пространственное положение и неравномерность распределения оруденения определяют систему разведки месторождений, выбор видов разведочных выработок и способов их расположения. От данных характеристик в значительной степени зависят выбор методики опробования и ориентировка линейных (бороздовых) проб в горных выработках.

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

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

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

опробовании мощных, наклонных рудных тел — горизонтально, а при опробовании пологозалегających — вертикально.

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

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

Ведущая роль в выборе методики опробования, способов отбора проб и их параметров на золоторудных месторождениях на стадиях предварительной и детальной разведки принадлежит следующему факторам: 1) задачам опробования, 2) морфологическому типу рудных тел, 3) наличию или отсутствию в рудных телах четких геологических границ, 4) условиям залегания и мощности рудных тел, 5) внутреннему строению, 6) характеру распределения золотого оруденения, 7) физико-механическим свойствам руд и пород.

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

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

Распределение золота и сопутствующих компонентов, связанное с особенностями локализации оруденения и строения рудного тела, следует учитывать при выборе способа отбора и параметров проб. При этом одни и те же факторы, свойственные данному рудному

телу и определяющие особенности распределения золота, по-разному влияют на надежность проб, отбираемых разными способами. Для одних способов они весьма неблагоприятны, а на другие практически не влияют.

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

Пространственное расположение (ориентировка) проб в основном определяется морфологическим типом рудных тел, условиями их залегания и анизотропией распределения в них золота. Большинству коренных месторождений золота свойственны вытянутые рудные тела и хорошо выраженная анизотропия распределения золота, обусловленная наличием максимальной и минимальной изменчивости оруденения в определенных направлениях. Обычно направление максимальной изменчивости совпадает с мощностью рудных тел вкрест их простираения. В связи с этим линейные (бороздовые и др.) пробы должны ориентироваться в направлении максимальной изменчивости свойств золотого оруденения. Однако строгое соблюдение этого требования сильно затрудняет пробоотбор. В практике разведочных работ на золоторудных месторождениях крутопадающие тела значительной мощности обычно опробуются в разведочных горных выработках горизонтально расположенными бороздами.

Главные параметры пробоотбора — поперечные сечения, длина интервалов (секций) линейных проб, расстояние между пробами и оптимальное количество проб в пределах оцениваемого объема. На золоторудных месторождениях опробование по горным выработкам осуществляется преимущественно бороздовым способом вручную сечениями 5×3, 10×3, 10×5 см. При выборе поперечных сечений бороздовых проб необходимо учитывать физико-механические свойства рудных и жильных минералов, текстурно-структурные особенности руд (определяющие возможность избирательного обогащения материала проб), характер распределения золота и других компонентов, а также условия и средства отбора проб (ручной или механизированный). Относительно благоприятные физико-механические свойства и текстурно-структурные особенности руд, исключающие возможность преимущественного (избирательного) выкрашивания рудных или жильных минералов, позволяют применять минимально допустимые поперечные сечения бороздовых проб, масса которых позволяет провести необходимые (основные и контрольные) аналитические работы и оставить достаточные по массе дубликаты проб.

При ярко выраженных различиях в свойствах рудных и нерудных минералов, входящих в состав руд, в процессе опробования может возникнуть избирательное выкрашивание. Это приводит к возникновению систематических погрешностей опробования. В дан-

ных случаях при отборе линейных проб (при ручном пробоотборе) для уменьшения выкрашивания целесообразно увеличить сечение бороздовых проб или исключить возможность возникновения систематических погрешностей. Последнее может быть достигнуто путем применения пробоотборника конструкции ЦНИГРИ — ИП 6401, предназначенного для вырезания щелевой борозды [22].

При ручном способе отбора, весьма неблагоприятных физико-механических свойствах руд и неравномерном распределении оруденения поперечное сечение проб выбирается экспериментальным путем на каждом конкретном месторождении. Следует, однако, учитывать, что значительное увеличение сечения борозды затрудняет оперативную оценку месторождения в связи с низкой производительностью работ и значительной трудоемкостью отбора и обработки проб большого сечения.

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

Практика геологоразведочных работ, исследования и большой объем экспериментального опробования, в том числе ЦНИГРИ, проведенных на коренных месторождениях золота различных морфологических типов, подтверждают представительность опробования бороздами малых сечений. Результаты экспериментальных работ показали, что уменьшение сечения проб до 3×4 и 5×3 см, как правило, не приводит к систематическим расхождениям средних содержаний по выборкам проб малого сечения при опробовании коренных месторождений золота.

В случае благоприятных физико-механических свойств и текстурно-структурных особенностей руд, тщательного контроля качества отбора бороздовых проб вручную или отбора щелевых проб механизированным способом, поперечное сечение проб не влияет заметно на их надежность. Это позволяет применять для линейных (бороздовых, щелевых) проб минимальные сечения (см): 5×3, 3×4, 3×5. Исследования также показали, что дисперсия содержаний по пробам малых сечений на одних месторождениях сопоставима с дисперсией содержаний по пробам большого сечения, и случайная погрешность в определении среднего содержания по пробам малого и большого сечения практически одинакова. На других месторождениях расхождения в дисперсиях содержаний по пробам малого и большого сечения были весьма значимы, а случайные погрешности по пробам меньшего сечения выше.

Такие результаты в значительной мере связаны 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. Известно, что каждой частной

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

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

При значительной изменчивости оруденения расхождения содержания в результате попарного сопряжения проб могут достигать больших величин. В связи с этим на месторождениях с особо сильной изменчивостью оруденения, небольшой мощностью и протяженностью рудных тел (сложные жильные месторождения) и очень крупным золотом необходимо более осторожно подходить к вопросу опробования с помощью проб малого сечения. В начальный период предварительной разведки следует провести экспериментальные работы (заверка проб малого сечения эталонными пробами большого объема) с целью оценки влияния результатов опробования пробами разного сечения на суммарную погрешность вывода среднего содержания по сечению, блоку, месторождению. Это позволяет выбрать оптимальные параметры проб (сечение борозд, их количество) или решить вопрос о выборе другого способа отбора.

После взятия проб качество пробоотбора проверяется путем сопоставления фактической массы отобранной пробы с ее теоретической (расчетной) величиной. Отклонение между данными параметрами не должно превышать 15—20%. Начальная (теоретическая) масса материала, отбираемого с 1 м борозды различного сечения, приведена ниже (объемная масса руды 2,6 г/см³).

Масса пробы, кг	Сечение борозды, см
<i>Ручная отбойка</i>	
3,9	5×3
7,8	10×3
13,0	10×5
<i>Механизированная вырезка щелевых проб</i>	
2,6	2×5
3,9	3×5
4,6	3×6

При использовании данных опробования не только для определения средних содержаний в рудах, но и для оконтуривания рудных тел, выделения промышленных руд и безрудных участков, помимо сечения проб устанавливается также длина секций (интервала), на которые делится сквозная проба. Длина секций линейных проб зависит от мощности рудного тела, характера его геологических границ, литологических разностей пород, типа руд и элементов структуры. Вне зависимости от принятой при опробовании длины секций все разновидности руд, а также зальбанды рудных тел опробуются отдельно. Для выбора длины секции, помимо природных факторов, следует учитывать и параметры предельно допустимой мощности промышленных руд и максимальной мощности безрудных прослоев пород, установленных кондициями.

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

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

При опробовании маломощных рудных тел с четкими геологическими границами иногда необходимо включение призальбандовых участков рудных тел в контур промышленных руд и выделение отдельно в границах рудных тел прослоев более богатых руд для их селективной отработки. В указанных случаях также следует выяснить длину отдельных секций (интервалов) сквозных проб, подлежащих раздельному анализу.

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

Минимально необходимое число проб во многом зависит от сложности геологического строения месторождения, а также изменчивости оруденения и характера распределения золота в рудном теле. Примерно рассчитать минимально необходимое количество проб для ограниченного объема (участка или блока рудного тела) можно методами математической статистики с вероятностью, гарантирующей представительное определение среднего содержания с заданной погрешностью лишь при условии независимого, случайного характера проб и равномерного их распределения в пределах оцениваемого объема. С этой целью используется формула $n = (tV/p)^2$, где n — количество проб, обеспечивающее погрешность оценки среднего содержания не более $\pm p$ при доверительной вероятности, определяемой коэффициентом t ; V — коэффициент вариации.

Следует, однако, отметить, что аналитические приемы расчета минимально необходимого количества проб (сечений) ввиду природной изменчивости оруденения и особенностей распределения золота несовершенны.

Для определения оптимального расстояния между пробами следует принимать во внимание лишь те пробы, которые полностью пересекают рудное тело от висячего до лежащего бока (т. е. сквозные пробы). К сквозным будут относиться и пробы, разделенные на несколько секций (интервалов). Те и другие сквозные линейные пробы равноценны при определении среднего содержания золота в рудных телах или отдельных его участках. По сквозной пробе, разделенной на секции, среднее содержание устанавливается на основании данных во всех ее секциях, расположенных внутри контура промышленных руд (рудного тела).

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

В том случае, когда простые по внутреннему строению маломощные (до 1 м) жильные или линзообразные рудные тела с четкими геологическими границами полностью вписываются в поперечное сечение прослеживающих их разведочных горных выработок (штреков, восстающих) главными параметрами пробоотбора, которые влияют на надежность проб и представительность опробования и которые необходимо определить, являются лишь оптимальное количество проб на подсчетный участок (блок) рудного тела и их рациональное сечение. Это объясняется тем, что оконтуривание рудного тела и определение его мощности в данном случае осуществляются на основе геологического опробования. В связи с этим длина отбираемых в забоях бороздовых проб равняется мощности рудного тела.

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

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

Когда маломощные рудные тела (жилы), вписывающиеся в сечение прослеживающих их горных выработок, имеют четкие геологические границы и сложное внутреннее строение (наличие изолированных рудных столбов или обособленных обогащенных участков), расстояние между пробами определяется морфологическими особенностями и размерами рудных столбов и безрудных участков, а также характером их чередования в продольной плоскости разведываемых рудных тел. При разведке относительно мощных, линейно вытянутых рудных тел, осуществляемой секущими выработками, расстояние между линейными (сквозными) пробами и их количество определяются плотностью разведочной сети, принятой с учетом морфологического типа месторождения, группы сложности его строения (по классификации ГКЗ СССР) и стадии разведки.

2. Опробование при бурении разведочных скважин

В процессе геологоразведочных работ необходимо опробовать все пробуренные скважины в пределах пересекаемых ими золоторудных тел и измененных вмещающих пород. При отсутствии у рудного тела четких геологических границ опробуется вся скважина

или интервал распространения пород, которые, возможно, вмещают золотое оруденение.

Скважины колонкового бурения (алмазного, твердосплавного, пневмоударного и т. д.) опробуются по керну и шламу. При линейном выходе керна по рудному интервалу свыше 70 % опробоваться может только керн. Керновые пробы отбираются с учетом длины рейса. В пробу не может входить керн из нескольких рейсов, независимо от выхода керна. При высоком выходе керна с одного рейса он может быть разделен на несколько проб (секций) с учетом внутреннего строения рудных тел и их зальбандов.

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

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

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

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

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

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

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

Для повышения выхода керна, обеспечивающего более высокую надежность опробования, в зависимости от геологических особенностей месторождений, необходимо использовать ряд технических средств: снаряды с обратной промывкой (эжекторные; эрлифтные и др.); различные конструкции двойных и тройных колонковых труб; съемные керноприемники и т. п. Результаты опробования скважин можно улучшить за счет использования шлама. При разведке золоторудных месторождений бурением в ряде случаев целесообразно проводить опробование только по шламу, так как по своей надежности оно иногда превосходит опробование по керну. Наиболее целесообразно отбирать шлам на забое при помощи шламовых труб различных конструкций. Основным недостатком этого способа отбора шлама — плохое улавливание мелких (менее 0,1 мм) частиц. При отсутствии сильного поглощения промывочной жидкости в стволе скважин можно отбирать шлам на ее устье, что достаточно эффективно при оценке мощных золоторудных тел. В этом случае может быть применен шламоотборник ПВЦ-10, разработанный в САИГИМСе, улавливающий частицы шлама до 40 мкм. Улавливающая способность этого прибора 90—98 %. Для жильных золоторудных месторождений, особенно маломощных, отбор шлама на устье скважины не эффективен, так как весьма сложно осуществить точную привязку шлама к рудным интервалам.

В том случае, когда наблюдается избирательное истирание керна, наиболее надежны керношламовые пробы, значение которых возрастает в связи с тенденцией уменьшения диаметров бурения. Шлам при бурении колонковых скважин можно собирать способами отсадки (сепарации или фильтрации). При этом способе у устья скважины шлам собирают с помощью желобов, ловушек, гидроклонов (бурение с промывкой раствором) или с помощью пневмоциклонов (бурение с промывкой воздухом). На забое шлам собирается при помощи шламоулавливающих труб различных кон-

струкций, устанавливаемых непосредственно над колонковыми трубами. Шлам собирается после каждого рейса. Значительные трудности при этом также представляет отнесение шлама к соответствующему интервалу опробования по скважине.

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

3. Обработка проб

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

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

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

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

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

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

При обработке геологических проб в несколько стадий их материал подвергается наиболее крупному, но наименее трудоемкому дроблению, лишь в первую стадию, после чего основная его часть удаляется из обработки. В дальнейшем для более мелкого дробления от стадии к стадии остается все меньше и меньше материала, и, наконец, наиболее мелкому дроблению (измельчению) подвергается только незначительная его часть. Необходимое условие надежной и правильной обработки материала геологических проб — неременное 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: $Q = K \cdot d^a$, где Q — предельно допустимая масса пробы на данной стадии ее сокращения; K — коэффициент, зависящий от степени неравномерности распределения золота в руде (обычно он принимается равным от 0,2 до 1,0); d — максимальный диаметр частиц руды; a — показатель степени приближения формы зерен (частиц) руды к шаровидной форме (обычно принимается равным двум при обработке проб массой 5—12 кг). Когда обрабатываются пробы большой массы (валовые и т. п.), материал которых состоит из кусков руды большого размера, показатель степени a принимается равным 1,8.

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

Значения коэффициента K в уравнении $Q = K \cdot d^3$ при обработке рядовых геологических проб, отобранных из руд, характеризующихся различными равномерностью распределения и крупностью золота, приведены ниже.

Распределение	Коэффициент K
Неравномерное; золото мелкое — в основном до 0,1 мм	0,2
Весьма неравномерное; золото средней крупности — не более 0,6 мм	0,4
Крайне неравномерное; золото крупное — основная его масса > 0,6 мм	0,8—1

Для снижения стоимости 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 до лабораторных навесок с величиной частиц 0,07 мм.

Каждую технологическую линию для обработки материала бороздовых и керновых проб, включающего куски руды размером более 70 мм, целесообразно комплектовать из щековых (ДЩ 150×100, ДЩ 150×80, ДЩ 100×60) и валковых (СП-165 А, ДВ 200×125) дробилок, а также различного вида истирателей (2-ДР, 46-ДР-250, 38-ДР, ЛДИ-209, ЛДИ-60 м и БДМ). Это обеспечивает дробление материала проб соответственно до крупности минус 30, 20, 10 и 1 мм, а также позволяет доводить (истирать) материал проб до крупности частиц минус 0,2 и 0,074 мм.

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

Для обработки геологических проб массой от 0,5 до 20 кг при крупности материала до 100 мм ВИТР разработал специальную установку УОП, обеспечивающую автоматическое дробление, перемешивание и сокращение материала при сохранении непрерывности процесса. Производительность установок до 200 кг/ч, что достаточно для обработки проб в процессе разведки. Масса лабораторной пробы после обработки 50—150 г, крупность частиц материала обработанных проб 0,1—0,074 мм. В последнее время разработаны и серийно выпускаются агрегат АП (разработка ВИТР) и установка Комаровского (УКОРП) для комплексной обработки проб (керновых, бороздовых, задириковых и др.), исключаящие руч-

ные операции перемешивания, грохочения и сокращения рудного материала.

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

Установка Комаровского может использоваться как в полевых, так и в стационарных условиях. Максимальный размер кусков рудного материала проб, поступающих на обработку, не должен превышать 90 мм. Гранулометрический состав измельченного на установке материала проб —2+0 мм (не менее 95 %). Производительность установки при обработке проб, отобранных по породам средних категорий крепости, достигает 0,3 м²/ч.

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

Для выполнения внутреннего и внешнего геологического контроля, внешнего лабораторного и арбитражного контроля из аналитической пробы отбирается дубликат, масса которого равна половине массы аналитической пробы. Дубликаты геологических (разведочных) и аналитических проб подлежат хранению в соответствии с инструкцией по учету и хранению геологических коллекционных материалов в учреждениях и организациях системы Мингео СССР. До окончания разведки месторождения и выяснения его промышленной ценности дубликаты проб хранятся в организации, осуществляющей его разведку.

4. Контроль качества анализов геологических проб

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

Внутренний контроль. Предназначен 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. Он проводится путем анализа зашифрованных контрольных

проб в той же лаборатории, которая выполняет анализы основных проб, и по той же методике, которая применяется для рядовых проб. Контрольные пробы отбирают из дубликатов аналитических проб, хранящихся в основной лаборатории. Контрольные пробы могут анализироваться одновременно с основными пробами или после получения результатов их анализов.

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

Внешний контроль. Осуществляется 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.

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

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

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

При определении количества контрольных анализов, проводимых при внутреннем и внешнем геологическом контроле, следует исходить из объема аналитических работ и представительности вы-

борки при обработке результатов анализов по каждому классу и периоду работы лаборатории.

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

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

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

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

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

Затем вычисляют относительную среднеквадратичную погрешность S_r (%). Она равна

$$S_r = S \cdot 100 / \bar{C},$$

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

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

Вычисленная относительная среднеквадратичная погрешность в соответствующем классе содержаний не должна превышать пре-

Таблица 8

Предельно допустимые среднеквадратичные погрешности анализов при различных содержаниях золота

Содержание Au, усл. ед	Среднеквадратичные погрешности (%) для руд с золотом, концентрирующихся		
	в сульфидах (крупность Au до 0,1 мм)	в сульфидах и кварце (крупность Au до 0,5 мм)	в кварце (видимое золото)
Более 128	4	7,5	10
64—128	4,5	8,5	12
16—64	10	13	18
4—16	18	25	25
1—4	25	30	30
0,5—1	30	30	30
Менее 0,5	30	30	30

дельных значений, указанных в инструкции ГКЗ по применению классификации запасов (табл. 8).

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 среднеквадратичных погрешностей находят путем интерполяции.

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

Обработка результатов внешнего геологического контроля с целью выяснения наличия или отсутствия систематической погрешности, для каждого выделенного класса содержаний по результатам анализа не менее 30 проб, выполненных в основной (С) и контролирующей лабораториях (С_к), может проводиться по способу, предложенному П. Л. Каллистовым [37]. В этом случае определяются отклонения С_о—С_к с учетом знака. Затем по этим данным, сведенным в таблицы, подсчитывается количество положительных М₊, отрицательных М₋ значений отклонения между результатами основных и контрольных анализов и количество случаев равенства результатов по ним М₀.

Если устанавливается подавляющее преобладание положительных или отрицательных значений отклонения, имеется основание сомневаться в результатах основных анализов и предполагать существование систематической ошибки в сторону завышения или за-

нижения. Это, однако, не значит, что наличие систематической ошибки считается доказанным.

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

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

$$M_{- \text{ исп}} = n - M_{+ \text{ исп}},$$

где n — количество пар сопоставляемых результатов анализов.

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

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

где М исп — исправленная величина преобладающих значений отклонения (М₊ исп) или (М₋ исп); p — вероятность появления положительного отклонения; q — то же, отрицательного.

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

Пример обработки материалов внешнего контроля анализов этим способом приведен в табл. 9.

Значимость систематических расхождений может также оцениваться с помощью t -критерия (распределение Стьюдента), критерия «ничтожной погрешности», критерия знаков, построения корреляционных графиков и т. п., в соответствии с методикой [26], рекомендуемой в методических указаниях НСАМ (Методы геологического контроля аналитической работы).

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

При выявлении систематических погрешностей между результатами основной и контролирующей лабораторий необходимо установить их характер, абсолютную и относительную величину за соответствующий период работы лаборатории. Для каждого выделенного класса содержаний по результатам анализа основной и

Таблица 9

Пример обработки данных внешнего контроля анализа

№ п/п	Номера проб		Содержание по пробам		Расхождение (с учетом знака)
	контрольных	основных	основным	контрольным	
0,0—4,0 г/г					
1	5628	18 382	2,4	2,5	-0,1
2	5629	17 385	0,8	0,8	0,0
3	5630	18 386	1,0	1,3	-0,3
4	5631	16 271	3,6	4,7	-1,1
5	5632	16 302	1,2	1,5	-0,3
6	5633	16 260	сл.	0,2	-0,2
7	5634	16 442	2,4	2,1	+0,3
8	5635	16 566	1,0	сл.	+1,0
9	5636	17 789	0,8	0,4	+0,4
10	5637	17 800	0,4	0,1	+0,3
11	5639	16 687	3,0	3,6	-0,6
12	5640	16 701	2,4	2,7	-0,3
13	5641	16 683	0,4	0,6	-0,2
14	5642	16 694	0,6	0,9	-0,3
15	5652	18 543	сл.	0,1	-0,1
16	5660	16 228	сл.	18,8	-18,8
17	5679	18 673	1,6	1,7	-0,1
18	5680	18 795	1,4	0,5	+0,9
19	5682	16 885	2,2	2,1	+0,1
20	5683	18 843	0,3	0,5	-0,2
21	5684	16 766	1,4	1,2	+0,2
22	5685	20 059	0,1	0,1	0,0
23	5686	16 994	0,4	0,2	+0,2
24	5687	16 995	0,6	0,4	+0,2
25	5688	20 064	0,5	0,4	+0,1
26	5689	21 041	1,8	2,4	-0,6
27	5690	21 042	1,4	1,1	+0,3
28	5691	21 138	3,6	3,2	+0,4
29	5697	18 841	0,8	8,5	-7,7

n=29

$$\Sigma x_i = 36,1 \quad \Sigma y_i = 62,6 \quad -30,9$$

$$\bar{x} = 1,2 \quad \bar{y} = 2,1 \quad +4,4$$

$$\Sigma (x_i - y_i) = -26,5$$

$$M_+ = 12 \quad M_+, \text{ исп} = 12,9$$

$$M_- = 12 \quad M_-, \text{ исп} = 16,1$$

$$M_0 = 2$$

$$t = \frac{M_-, \text{ исп} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{16,1 - 14,5}{\sqrt{0,5 \cdot 0,5 \cdot 29}} = 0,59$$

4,0—16,0 г/г

1	5638	1	4,0	4,4	-0,4
2	5643	2	7,0	6,2	+0,8
3	5644	3	13,2	12,8	+0,4

Продолжение табл. 9

№ п/п	Номера проб		Содержание по пробам		Расхождение (с учетом знака)
	контрольных	основных	основным	контрольным	
4	5645	4	12,0	11,9	+0,1
5	5646	5	9,8	8,1	+1,7
6	5647	6	4,6	4,1	+0,5
7	5648	7	4,0	5,8	-1,8
8	5649	8	13,4	12,0	+1,4
9	5650	9	10,0	10,5	-0,5
10	5651	10	8,6	7,4	+1,2
11	5653	11	15,4	1,1	+14,3
12	5654	12	4,4	2,5	+1,9
13	5655	13	6,6	5,7	+0,9
14	5656	14	7,6	9,6	-2,0
15	5671	15	15,2	12,9	+2,3
16	5681	16	4,0	4,1	-0,1
17	5692	17	5,4	6,1	-0,7
18	5693	18	5,2	4,6	+0,6
19	5694	19	7,6	10,0	-2,4
20	5695	20	8,0	8,6	-0,6
21	5696	21	13,0	11,4	+1,6
22	5698	22	5,4	5,4	0,0
23	5699	23	15,0	14,5	+0,5
24	5700	24	5,8	7,0	-1,2
25	5701	25	14,8	14,8	0,0
26	5702	26	5,4	1,1	+4,3
27	5703	27	4,2	4,0	+0,2
28	5704	28	5,4	4,1	+1,3
29	5709	29	8,0	6,2	+1,8

n=29

$$\Sigma x_i = 243,0 \quad \Sigma y_i = 216,9 \quad +35,8$$

$$\bar{x} = 8,4 \quad \bar{y} = 7,5 \quad -9,7$$

$$\Sigma (x_i - y_i) = +26,1$$

$$M_+ = 18 \quad M_+, \text{ исп} = 19,3$$

$$M_- = 9 \quad M_-, \text{ исп} = 9,7$$

$$t = \frac{M_+, \text{ исп} - \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{19,3 - 14,5}{\sqrt{0,5 \cdot 0,5 \cdot 29}} = 1,77$$

16,0—64,0 г/г

1	5657	16 451	35,6	34,6	+1,0
2	5658	16 430	22,6	34,0	-11,4
3	5657	16 335	22,8	20,7	+2,1
4	5661	16 337	22,0	19,7	+2,3
5	5662	16 248	49,0	56,0	-7,0
6	5663	16 339	24,4	24,4	0,0
7	5664	16 546	31,4	32,3	-0,9
8	5665	16 558	18,4	21,9	-3,5
9	5666	16 560	19,8	21,3	-1,5
10	5667	16 553	31,4	51,6	-20,2
11	5668	16 554	50,2	63,5	-13,2

№ п/п	Номера проб		Содержание по пробам		Расхождение (с учетом знака)
	контрольных	основных	основным	контрольным	
12	5669	16 550	61,0	71,9	-10,9
13	5670	16 547	42,6	52,6	-10,0
14	5706	16 961	18,6	17,0	+1,6
15	5707	13 265	18,0	14,3	+3,7
16	5708	17 943	23,2	27,2	-4,0
17	5709	1 185	26,0	25,3	+0,7
18	5710	20 078	39,0	35,9	+3,1
19	5711	16 985	19,6	15,8	+3,8
20	5712	16 975	17,8	17,8	0,0
21	5713	16 979	17,8	15,7	+2,1
22	5714	20 094	27,4	25,3	+2,1
23	5715	20 096	20,0	18,7	+1,3
24	5716	21 105	59,0	60,3	-1,3
25	5717	1 371	22,6	27,2	-4,6

$$n=25 \quad \Sigma x_i = 740,2 \quad \Sigma y_i = 805,0 \quad -88,5$$

$$\bar{x} = 29,6 \quad \bar{y} = 32,2 \quad +23,8$$

$$\Sigma (x_i - y_i) = 64,7$$

$$M_+ = 11 \quad M_+ \text{ исп} = 11,95$$

$$M_- = 12 \quad M_- \text{ исп} = 13,04$$

$$M_0 = 2$$

$$t = \frac{M_+ \text{ исп} \frac{n}{2}}{\sqrt{p \cdot q \cdot n}} = \frac{13,04 - 12,5}{\sqrt{0,5 \cdot 0,5 \cdot 25}} = 0,22$$

контролирующей лаборатории вычисляют значения систематического расхождения с учетом его знака по формулам

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

$$\bar{C}_{ik} = \frac{C_{i1} + C_{i2}}{2}; \quad \bar{C}_0 = \frac{\sum_{i=1}^m C_{i0}}{m};$$

где \bar{d} — систематическое расхождение, г/т; \bar{d}_r — относительное систематическое расхождение, %; C_{i0} — содержание компонента в i -й пробе, определенное в основной лаборатории (рядовой анализ); \bar{C}_{ik} — то же, в контролирующей (среднее из двух определений); \bar{C}_0 — средняя концентрация компонента в классе содержаний в m пробах по определениям в основной лаборатории; m — число контрольных проб ($i=1, 2, \dots, m$).

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

Арбитражный контроль. Осуществляется для подтверждения систематической погрешности, допускаемой основной лабораторией. Для этого используются хранящиеся в лаборатории дубликаты аналитических проб, по которым имеются результаты основных и внешних контрольных анализов.

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

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

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

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

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

$$\text{Поправочный коэффициент } K \text{ равен } K = \frac{100\% - \bar{d}_r}{100\%},$$

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

$$C_{i0} \text{ исп} = K \cdot C_{i0}$$

где c_i — содержание компонента в i -й пробе, определенное в основной лаборатории (рядовой анализ).

Величину систематического расхождения \bar{d}_r результатов основных и арбитражных анализов рассчитывают по формуле $\bar{d}_r = \frac{\bar{d} \cdot 100}{c_0}$. При расчете поправочного коэффициента K необходимо учитывать знак \bar{d}_r .

В том случае, если величина систематической погрешности результатов основных анализов проб 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 решается в каждом конкретном случае отдельно.

5. Контроль результатов опробования

При разведке золоторудных месторождений различных морфологических типов применяются разные системы разведочных работ, цель которых — получение наиболее представительных разведочных данных, необходимых для подсчета запасов. Различная детальность изучения месторождения и выявления запасов разных категорий в соответствующую стадию геологоразведочных работ не должна сказываться на надежности проб, отбираемых различными способами в процессе проходки горных выработок и бурения.

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

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

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

ного компонента в точке наблюдения тем надежнее, чем меньшая погрешность допущена при каждой из указанных операций.

Надежными следует считать пробы, которым не свойственны систематические погрешности, а случайные погрешности находятся в допустимых пределах. Однако эти погрешности далеко не полностью определяют надежность пробы в широком смысле этого слова. Большую роль в ее понимании играют и такие факторы, как соответствие способа отбора проб характеру распределения полезного компонента; ориентировка проб направлению максимальной изменчивости оруденения; длина секции проб характеру геологических границ рудного тела и его внутреннему строению; сечение пробы физико-механическим свойствам руд и характеру распределения в них компонентов.

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

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

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

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

В процессе разведки золоторудных месторождений большую роль играет своевременное выявление характера и величины погрешностей проб, возможность возникновения которых обусловлена, как правило, очень сложным строением рудных тел, характером распределения золота, размерами золотин, физико-механическими особенностями руд и другими причинами, даже при максимально тщательном отборе проб. Наиболее опасны при оценке данных месторождений систематические погрешности, однозначно искажающие содержание золота по преобладающему большинству отбирае-

мых проб в сторону занижения или завышения. Величина этой погрешности, а также ее влияние на среднее содержание металла, определяемое по ряду (системе) проб, не могут быть уменьшены или совсем устранены только путем увеличения числа отбираемых проб.

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

Методы выявления надежности проб

В основе выявления надежности проб лежит заверка применяемых или испытываемых способов отбора проб более надежными способами, принятыми при экспериментальных работах за эталон. Выбор метода выявления характера и величины погрешностей, а также заверочного эталона, как правило, обуславливается основными целями экспериментальных работ, особенностями строения рудных тел, физико-механическими свойствами руд, характером распределения золота и размерами золотин, видом горных выработок, где намечено проведение работ, и масштабом разведываемого объекта.

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

При разведке золоторудных месторождений рекомендуются следующие возможные варианты заверочных работ.

1. Отбор валовых проб, расположенных сопряженно (т. е. имеющих общие плоскости соприкосновения) с бороздочными 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 (контролируемая и заверочная)

борозды должны отбираться в одних и тех же местах (в забое или стенке горной выработки), быть одинаково ориентированными по отношению к направлению наибольшей изменчивости содержания золота в рудных телах и располагаться в пределах одного и того же интервала. При этом обязательное условие — размещение контролируемой пробы в контуре заверяющей борозды большого сечения. Во втором случае контролируемая и заверяющая борозды должны отбираться также в одном и том же месте и в пределах одного и того же интервала, но не одна в контуре другой, а параллельно друг другу при непосредственном соприкосновении их сторон или на некотором (не более 10 см) расстоянии между ними.

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

4. Сопоставление результатов контролируемого опробования с данными эксплуатации. Этот вариант заверки опробования на 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 содержания золота) и выяснения ряда вопросов, касающихся предстоящей отработки месторождения.

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

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

Возможность применения валовых проб в качестве эталонных определяют основные задачи, стоящие перед заверочным опробованием, характер распределения золота в рудах, а также условия, возникающие при их отборе в горных выработках, вскрывающих рудные тела как по простиранию, так и вкрест простирания. При проходке горных выработок прослеживаясь, когда контролируемые бороздочные или другие пробы отбираются в забоях, предпочтение в качестве заверочного эталона отдается валовым провам, если мощность рудного тела больше сечения горной выработки, вскрывающей его, т. е. в эталонную пробу поступает руда, содержание золота в которой необходимо установить.

При прослеживании горными выработками рудных тел, мощность которых значительно меньше сечения выработок (кварцевые жилы и т. д.), не рекомендуется применение эталонных валовых проб. В этом случае в валовую пробу поступает вся горная масса, состоящая из руды и вмещающих пород. Это в значительной мере затрудняет возможность определения содержания 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 быть связано с приуроченностью повышенных концентраций металла к центральным или призальбандовым частям рудного тела.

Заверка валовыми пробами получила наибольшее развитие в горных выработках, пересекающих рудные тела вкрест простирания. В этом случае достигаются наилучшие условия для выявления содержания золота в рудах по валовым пробам за счет пересечения рудных тел в направлении наивысшей изменчивости содержания металла, возможности отбора в пробу только рудного материала и исключения ошибок, возникновение которых связано с преобладающей концентрацией золота в различных частях рудного тела.

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

Другим распространенным и рациональным способом заверки является опробование бороздой большого сечения (20×10 , 30×15 см²). Этот способ универсален. Он используется при выяснении характера погрешностей основного или испытываемого вида проб даже в случае весьма неравномерного распределения золота в рудах. Применение борозды большого сечения в качестве эталона возможно в выработках прослеживания и секущих горных выработках, вскрывающих рудные тела сложного внутреннего строения, различных по морфологии, мощности и условиям залегания.

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

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

При бурении сталкиваются со специфическими его недостатками, резко снижающими надежность отбираемых проб, что ограничивает применение данных бурения для подсчета запасов золоторудных месторождений. Характерные недостатки наиболее распространенного колонкового бурения — относительно небольшой диаметр керна, низкий выход керна и избирательное истирание. Указанные недостатки по-разному и в различной степени влияют на надежность отбираемых проб. Низкий выход керна не дает возможности судить о действительном содержании золота в интервалах опробования из-за отсутствия данных о том, рудная или безрудная часть керна теряется в процессе бурения. В сочетании с малым диаметром бурения это затрудняет отбор надежных проб. Исходя из указанного, инструкцией ГКЗ СССР определен минимально допустимый выход керна (70%), при котором возможен отбор геологических проб по скважинам.

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

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

Возникновение погрешностей, снижающих надежность проб в процессе бурения различных видов скважин, связано с причинами как геологического, так и технического (технологического) порядка. За последнее время проделана большая работа с целью усовершенствования технологии бурения, внедрения новых технологических средств, специальных буровых снарядов и приспособлений для повышения выхода керна (двойные и тройные колонковые трубы,

кернаприемники, эжекторы и т. п.), наиболее полного сбора дробленого и шламового материала с более точной привязкой его к соответствующим интервалам опробования.

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

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

Количество разведочных скважин, горных выработок и отобранных по ним проб (в пределах рудных интервалов) должно быть достаточным для надежного вывода средних значений параметров оруденения. При необходимости в пределах опытного блока следует проходить дополнительные горные выработки и бурить скважины независимо от принятой плотности разведочной сети.

В ряде случаев, когда скважины подсечены разведочными подземными выработками, выявить возможные погрешности опробования можно путем заверки с помощью так называемой «кольцевой задирки», принятой за эталон. С этой целью проводится расширение стволов пробуренных скважин шарошечными расширителями (системы САИГИМС) 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 необходимо соблюдение наибольшего сопряжения контролируемых и заверочных (эталонных) проб в интервалах их отбора для получения наиболее объективных данных. С этой целью горные выработки, предназначенные для отбора эталонных проб, проходятся таким образом, чтобы ствол контролируемой скважины находился или в центральной части сечения горной выработки (при заверке валовыми пробами), или проходил по стенке выработки в непосредственной близости от нее.

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

Объем заверочных работ по скважинам зависит от размера месторождения, мощности рудных тел, изменчивости оруденения, характера и величины выявленных отклонений, местных условий разведки и т. д. Однако во всех случаях при прямой заверке необходимо иметь для сопоставления не менее 50—60 пар проб, отобранных в скважинах и горных выработках по рудным интервалам.

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

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

Изучение и оценка перечисленных факторов, а также аналитические методы сопоставлений результатов опробования по скважинам и горным выработкам существенно дополняют экспериментальные работы по прямой заверке. При оценке надежности результатов опробования по скважинам целесообразно: а) сопоставить кривые (гистограммы) распределения содержаний золота по пробам, отобранным отдельно из горных выработок и скважин, в пределах всего месторождения; б) проверить наличие или отсутствие корреляции между содержанием полезного компонента в

пробах и выходам керна или кerno-шламового материала; в) сравнить данные о мощности рудных тел и их вещественном составе, полученные по керну, с данными каротажа и других геофизических методов; г) сопоставить результаты опробования керна при различном его выходе с результатами опробования шлама.

В процессе экспериментальных заверочных работ большую роль играет соблюдение ряда условий, обеспечивающих надежность результатов заверочного опробования. Приведем важнейшие из них.

1. **Равномерное размещение контрольных проб** по всему месторождению или в пределах отдельных его участков, характеризующихся различным типом руд и уровнем содержания золота; полное сопряжение заверяемых и контрольных (заверочных) проб; получение оптимально достаточного количества результатов сопоставления (представительной выборки), позволяющего делать на основе их анализа и обработки методами математической статистики надежные и конкретные выводы.

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

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

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

При оценке надежности проб, отобранных в горных выработках и скважинах, значительная роль отводится выявлению различных факторов, в той или иной мере определяющих выбор рациональной методики опробования.

С этой целью на золоторудных месторождениях изучаются: 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 концентрации сульфидов, различие физико-механических свойств минеральных образований, составляющих руды, и т. д.

Установить влияние геологических факторов на надежность результатов опробования можно методом количественной их оценки на основе детальных (масштаб 1:5—1:10) зарисовок, фотодокументации и описания геологической ситуации непосредственно в

контурах проб по интервалам экспериментального опробования горных выработок и керна. Выявление, группировка и цифровая индексация геологических факторов создают основу для определения степени их влияния на золотоносность руд, установления характера концентрации золота в месте отбора, соответствия способов отбора проб реальным условиям локализации золотого оруденения.

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

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

Иное положение возникает при обработке валовых проб массой в несколько тонн, где исключается возможность дробления всего материала до крупности лабораторной пробы. Применение в этом случае обычных схем обработки с получением на конечной их стадии двух—четырех лабораторных проб для анализов не гарантирует надежность определения по ним содержания в исходном материале валовых (эталонных) проб. В случае высокой степени неравномерности распределения золота в рудах и различных размеров золотин при обработке проб этого вида выделение ограниченного количества лабораторных проб может привести к значительным погрешностям.

Поэтому валовые (эталонные) пробы необходимо обрабатывать по специальным схемам, разработанным в ЦНИГРИ [2]. Эти схемы предусматривают выделение на первом этапе обработки нескольких (четырёх—восьми) параллельных проб, которые обрабатываются в дальнейшем как самостоятельные пробы по одной и той же схеме (рис. 53).

Каждая из выделяемых частей пробы обрабатывается как по основной (генеральной) схеме с получением на конечной стадии обработки целого ряда лабораторных проб, поступающих затем на дальнейшую обработку и анализ в лабораторию, так и по схемам, предусматривающим разделение материала по фракциям крупности и его составу (кварц, сростки кварца со сланцами, сланцы с вкрапленностью сульфидов и т. п.). Обработка валовой про-

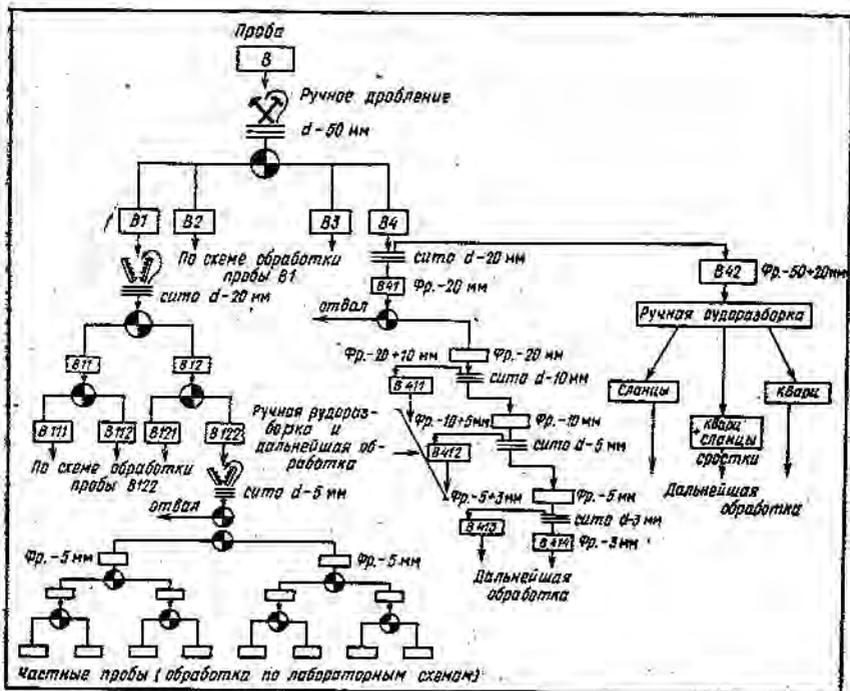


Рис. 53. Принципиальная схема обработки валовых проб при экспериментальных исследованиях (на примере месторождения с прожилково-вкрапленным оруденением)

бы только по основной схеме обеспечивает возможность получения от 128 до 256 конечных проб, анализ которых позволяет уверенно определять содержание полезного компонента в исходной руде эталона с допустимой точностью.

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

После обработки первых двух-трех валовых проб и выделения 128—256 частных проб для анализа (учитывая, что выделение такого большого количества проб на практике весьма затрудняет заверочные работы) полученные результаты следует подвергнуть статистической обработке. На основе анализов частных проб определяется закон их распределения, рассчитываются статистические характеристики (стандарт, дисперсия, коэффициент вариации и т. п.) и устанавливается минимально необходимое число частных проб для получения надежного эталона. В валовых пробах ошибка не должна превышать $\pm 5-7\%$ ввиду того, что такая ее вели-

чина при заверке позволяет уловить систематические погрешности порядка $\pm 10-15\%$.

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

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

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

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

При обработке золотых руд наблюдается различие физико-механических свойств золота и остальной части 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 медленнее и по достижении размеров зерен порядка 0,15 мм приостанавливается.

Следует также иметь в виду, что хотя золото, как правило, находится в рудах в виде зерен крупностью от микрометров до десятых долей миллиметра, на многих месторождениях встречаются и более крупные его зерна — до 1 мм и более.

Такое распределение золота по крупности и его высокая сопротивляемость измельчению приводит к тому, что крупные и средние его зерна на последних стадиях обработки, когда масса проб становится небольшой, не попадают в навески, и, следовательно, воз-

никают предпосылки для систематического занижения содержания золота в рудах.

Устранить погрешности опробования такого порядка можно путем обработки проб с предварительным извлечением золота промывкой после измельчения всего материала исходных проб (до начала их сокращения) и отдельного учета крупных и средних его зерен, затрудняющих обработку проб и являющихся причиной значительных погрешностей опробования [32]. В этом случае содержание металла в пробе вычисляется как сумма извлеченных крупных частиц золота, отнесенных к начальной массе пробы и содержания золота по данным пробирного анализа.

Обработку проб с предварительным извлечением металла необходимо применять при опробовании месторождений, в рудах которых содержится крупное и среднее (0,5 мм и более) золото. На месторождениях с прожилково-вкрапленными рудами, которые содержат руды с низкими, на грани промышленных, содержаниями, использование данной методики может способствовать повышению надежности результатов опробования.

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

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

Критерий Стьюдента используется для сравнения средних содержаний в изучаемых выборках. При значении расчетного критерия выше его табличного значения 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. В случае, если значения расчетного критерия меньше табличного, расхождения средних содержаний сравниваемых выработок признаются

случайными. Если обе сравниваемые выборки имеют нормальный закон распределения, значение критерия Стьюдента (t) рассчитывается по формуле

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}},$$

где x_1 и x_2 — средние арифметические значения содержаний; S_1^2 и S_2^2 — оценки дисперсий содержаний; n_1 и n_2 — количество наблюдений в контрольных и контролируемых выборках.

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

для натуральных логарифмов

$$t = \frac{\bar{\ln} x_1 - \bar{\ln} x_2 + 0,5(S_{\ln x_1}^2 - S_{\ln x_2}^2)}{\sqrt{\frac{S_{\ln x_1}^2}{n_1} + \frac{S_{\ln x_2}^2}{n_2} + 0,5\left(\frac{S_{\ln x_1}^4}{n_1 - 1} - \frac{S_{\ln x_2}^4}{n_2 - 1}\right)}};$$

для десятичных логарифмов

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

где $\bar{\lg} x_1$ и $\bar{\lg} x_2$ — средние логарифмы содержаний золота; $S_{\lg x_1}^2$ и $S_{\lg x_2}^2$ — оценки дисперсий логарифмов содержаний.

Часто сравниваемые выборки описываются разными законами или существенно отличаются от нормального и логнормального законов распределения или же сведения об этих распределениях столь ограничены, что трудно сделать вывод о виде функции распределения. В перечисленных случаях Д. А. Родионов [34] рекомендует для проверки гипотез о равенстве средних выбирать такие критерии, на которые мало влияет отклонение распределения от нормального закона. Наиболее удобным в этих случаях является критерий, определяемый по формуле

$$t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}}$$

Значения критерия Фишера F отражают значимость расхождения в дисперсиях содержаний сравниваемых выборок. Критерий Фишера рассчитывается как отношение большей дисперсии к меньшей

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

Если расчетное значение F -критерия превышает его табличное значение при заданном уровне значимости q и $n_1 - 1$ и $n_2 - 1$ степе-

Таблица 10

Сравнение статистических характеристик по данным горизонтальных бороздовых проб разного сечения

Сечение борозд, см	Число проб	Среднее содержание \bar{x}	Дисперсия S^2	Стандарт σ	Коэффициент вариации $V, \%$	Критерий Стьюдента t	Критерий Фишера F	Асимметрия A	Экссесс E	$\frac{A}{\sigma_a}$	$\frac{E}{\sigma_e}$
30×15 (эталонное)	87	5,0	9,12	3,02	60,0	(1,98)	(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
5×3	87	5,4	13,90	3,73	69,0	0,793	1,52	0,70	-0,10	2,777	0,190

Примечание. Закон распределения — нормальный.

нях свободы, то считается, что дисперсии содержаний выборок отличны друг от друга; при $F < F_{q; n_1-1; n_2-1}$ — дисперсии равны.

В том случае, когда выполняется условие о нормальном распределении генеральных совокупностей, также может применяться непараметрический, независимый от формы распределения метод сравнения выборок — критерий знаков. Единственное условие его применения — непрерывность функций распределения генеральных совокупностей. Критерий знаков основан на знаках разностей двух признаков, где измерения попарно связаны, т. е. имеются зависимые и связанные выборки. Метод изложен в работах [49, 50].

В табл. 10 приведены итоги обработки данных, полученных при экспериментальных заверочных работах на месторождении золота с зонами прожилково-вкрапленной минерализации (золото связано с вкрапленниками сульфидов). Контролируемые пробы при экспериментальных работах располагались в контуре эталонной пробы большого сечения и отбирались идентичным способом (вручную) с одного и того же интервала.

В связи с тем что все три выборки содержаний по пробам рудного сечения аппроксимируются нормальным законом распределения, то сравнение средних содержаний по выборкам проб осуществлялось по формуле определения критерия Стьюдента (t). Критическое значение t в данном примере при количестве сопоставлений, равном 87 и $q=0,05$, составило 1,96. Сравнение данных бороздовых (эталонных) проб сечением 30×15 см с данными бороздовых проб сечением 10×5 и 5×3 см выявило значения t , равные соответственно 0,413 и 0,793, что указывает на незначимые, случайные различия средних содержаний между контрольными эталонными и контролируемыми выборками бороздовых проб и отсутствие систематических погрешностей при определении содержаний золота по бороздовым пробам меньших сечений.

Проверка же гипотезы о равенстве дисперсий по F -критерию также при $q=0,05$ показала, что дисперсии содержаний по бороздовым пробам меньших сечений по тем же выборкам в одних слу-

чаях 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 золота в выборках бороздовых (эталонных и контролируемых) проб был сделан вывод о надежности результатов опробования по бороздам сечением 10×5 и 5×3 см.

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

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

При завышении содержаний золота в процессе разведки и недостаточном выявленном качестве руд горные предприятия несут значительные убытки как за счет невыполнения плана по выдаче металла, так и за счет несоответствия качественной характеристики руд технологической схеме их переработки. Занижение содержаний, как правило, не позволяет предусмотреть полное использование возможностей месторождения, что создает условия для бесконтрольных потерь золота при добыче и переработке руд.

4.2. ОПРОБОВАНИЕ НА ПОПУТНЫЕ КОМПОНЕНТЫ

К попутным полезным компонентам золоторудных месторождений относятся все выявленные в процессе разведочных работ минеральные комплексы, отдельные компоненты и рассеянные элементы изучаемых руд, которые при добыче золота могут быть рентабельно извлечены и использованы промышленностью. Попутные компоненты по форме своего нахождения, связи с золотом и характеру пространственного распределения выделяются в три самостоятельные группы.

Попутные полезные ископаемые составляют в породах вскрыши, подстилающих или переслаивающих основное полезное ископаемое отдельные залежи, которые, вероятно, могут быть рентабельно добыты и переработаны. К ним можно отнести карбонатные породы, кварцевые руды и т. д., которые могут быть использованы в металлургической, строительной, керамической и других отраслях промышленности.

Попутные (сопутствующие) компоненты образуют в промышленных золотых рудах собственные минералы, извлекаемые в селективные концентраты или накапливающиеся в продуктах обогащения золота. На золоторудных месторождениях эта группа попутных компонентов включает серебро, являющееся постоянным спутником золота, цветные металлы (медь, свинец, цинк), а также мышьяк, сурьму, висмут, вольфрам, 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 следующие рассеянные элементы: 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 внимания при изучении золоторудных месторождений заслуживают серебро, висмут, свинец, цинк, селен, теллур, кадмий, встречающиеся иногда в промышленных концентрациях. Некоторые попутные компоненты и рассеянные элементы, не имеющие промышленного значения из-за низкого содержания или своих свойств, затрудняют технологию обработки руд. Это — минералы меди (кроме халькопирита и хризоколлы), сурьмы, пирротин, элементарный селен или селениды, теллур, углистые вещества, легкошламирующиеся минералы. К вредным попутным компонентам, усложняющим технологию обогащения руд, в первую очередь относятся мышьяк (более 0,5%), углистое вещество (0,2% и более) и глиноземы (для руд, идущих на флюсы).

Наличие в рудах попутных полезных компонентов (особенно серебра) обычно повышает промышленную ценность месторождений. Изучение всех попутных компонентов, содержащихся в рудах разведываемых месторождений, оценка их количества, определение возможности попутного извлечения, а также установление влияния попутных компонентов на технологию обработки руд — необходимое условие рационального проведения геологоразведочных работ. Выявленные при разведке попутные компоненты представляют интерес лишь на тех золоторудных месторождениях, для которых установлено промышленное значение золота. Попутные компоненты могут повлиять на геолого-промышленную оценку месторождения, так как наличие их в рудах, уровень концентрации и возможность извлечения позволяют в ряде случаев сделать рентабельной обработку месторождения, на котором добыча одного лишь золота была практически нецелесообразна.

Оценка попутных полезных ископаемых осуществляется в пределах контура развития основного компонента. В том случае, когда залежи попутных полезных ископаемых находятся за пределами контура оцениваемого месторождения, следует установить их площади распространения и оценить перспективы попутного полезного ископаемого. Предварительная их оценка осуществляется с помощью выработок, пройденных для разведки основного полезного ископаемого, а детальная разведка может быть проведена лишь при наличии потребителя данного вида сырья.

Изучение, опробование и оценка золоторудных месторождений на попутные компоненты (сопутствующие компоненты и рассеянные элементы) проводятся на всех стадиях геологоразведочного процесса одновременно с разведкой и опробованием на золото. Перечень попутных полезных компонентов, подлежащих изучению, необходимо определить уже на стадии поисково-оценочных работ. Выявление их возможного практического значения, а также качественная и количественная оценка по данным опробования осуществляются на стадиях предварительной и 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. Наличие полезных и вредных компонентов и их содержания в рудах устанавливаются 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 составляются групповые пробы по отдельным участкам месторождения, блокам, разведочным выработкам и скважинам, характеризующие соответствующие типы (сорты) руд, выделенные при оценке их на золото. Возможен также отбор мономинеральных проб из руд или лабораторных концентратов. Последние требуются для оценки содержания рассеянных элементов и определения возможности их извлечения.

Вероятность использования рядовых и групповых проб, а также необходимость отбора мономинеральных проб с целью количественной оценки попутных компонентов определяются видом попутных компонентов, уровнем их содержания в отдельных типах (сортах) руд или минералах, характером распределения в рудных телах и размером рудных тел. В том случае, когда содержание попутных компонентов учитывается при оконтуривании запасов, оно определяется во всех рядовых пробах.

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

вым пробам на всех стадиях геологоразведочных работ. Содержание прочих попутных компонентов анализируется по групповым пробам, характеризующим промышленные (технологические) типы и сорта руд в полных пересечениях.

Объединение рядовых проб в групповые можно проводить по простиранию, падению и мощности рудных тел. При опробовании по простиранию и падению маломощных рудных тел, вписывающихся в сечение горных выработок, в групповые пробы объединяются рядовые пробы (дубликаты), характеризующие различные типы руд через равные интервалы (10—40 м) по выработке (штреку, восстающему). При большой мощности рудных интервалов (более 15 м), представленных одним промышленным типом или сортом руд, следует составлять несколько групповых проб; в групповых пробах масса материала каждой из навесок, отбираемых из частных проб (дубликатов) и объединяемых в групповую пробу, должна быть строго пропорциональна длине частной пробы. Объединенный в групповую пробу материал тщательно перемешивается и из него отбирается проба, направляемая непосредственно на анализ, а также равный ей по массе дубликат. Масса материала групповой пробы, поступающего в лабораторию, должна обеспечивать возможность осуществления всех необходимых анализов.

В процессе изучения, опробования и оценки месторождений золота на попутные компоненты следует иметь в виду, что 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 наличии 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 концентраций по отдельным минералам.

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 котором 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 следует 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 соответствующего типа руд может значительно

колебаться. При опробовании рассеянных элементов применяются также и лабораторные концентраты, представляющие собой продукты обогащения, получаемые для повышения концентрации изучаемого минерала.

Количество групповых, мономинеральных проб или лабораторных концентратов зависит от размера месторождения, числа природных и промышленных типов (сортов) руд, их минерального состава, неравномерности распределения золота и сопутствующих компонентов, стадии разведки месторождения и ряда других факторов. Пробы должны быть рационально размещены в пределах месторождения, 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 отдельных участков месторождения, рудных тел или подсчетных блоков. Определение содержания рассеянных элементов в минералах по мономинеральным пробам или лабораторным концентратам должно проводиться по типам (сортам) выделяемых руд для отдельных участков или крупных блоков одной категории запасов.

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 устанавливается химическими, количественными спектральными или другими методами анализа. На стадии поисково-оценочных работ при выявлении попутных компонентов достаточно выполнить полуколичественный спектральный анализ. На стадиях предварительной и детальной разведки при выявлении в рудах содержаний попутных компонентов, близких к промышленному, анализ проб производится методами, обеспечивающими необходимую точность результатов.

Опробование на основные и попутные компоненты должно проводиться статистической обработкой результатов опробования. С целью изучения корреляционных зависимостей между золотом и попутными компонентами необходимо анализировать результаты опробования не только на попутные компоненты, но и на золото. В случае выявления по достаточно большому количеству проб наличия значимых корреляционных связей между золотом и попутными компонентами (при доверительной вероятности 0,95) возможно определение содержания попутных компонентов методами регрессивного анализа.

Для подсчета запасов попутных полезных компонентов и рассеянных элементов используются только количественные химические и спектральные анализы, результаты которых должны быть выражены в процентах или граммах на тонну руды, минерала или концентрата. Оценка и подсчет запасов попутных компонентов и рассеянных элементов производятся в контурах блоков подсчета запасов золота в пределах границ разведываемого месторождения.

При поисково-оценочных работах на попутные компо-

ненты опробуются основные рудные тела по наиболее типичным сечениям (три—пять в зависимости от размера рудных тел). Это позволяет оценить их на попутные компоненты по мощности, падению и простирацию. Для оценки используются рядовые пробы (или их дубликаты), отобранные в горных выработках и скважинах для анализа на основной компонент. При изучении и оценке рассеянных элементов в случае необходимости могут быть отобраны мономинеральные пробы или использованы лабораторные концентраты.

Основные задачи опробования при поисково-оценочных работах — 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 содержания, характера и особенностей распределения в рудах, минералах и продуктах обогащения, на этой стадии 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.

Основные задачи опробования на стадии предварительной разведки — завершение работ по выявлению попутных компонентов и установление их содержаний; выяснение форм их нахождения и возможной 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 их содержаний установлен, содержания попутных компонентов определяются по групповым пробам, характеризующим определенные типы (сорты) руд по простирацию, падению и мощности рудных тел.

Главные задачи опробования на попутные компоненты в этот период разведки — продолжение опробования руд и минералов на попутные компоненты, уточнение их содержаний в промышленных типах (сортах) руд, окончательное выявление практического значения попутных компонентов и подсчет запасов.

На основе результатов опробования золоторудных месторождений, проводимого на всех стадиях геологоразведочных работ, необходимо сделать оценку промышленной значимости попутных компонентов; для этого следует решить ряд вопросов.

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

В целом опробование на попутные компоненты следует проводить в соответствии с «Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов» [46].

4.3. СПЕЦИАЛЬНОЕ ОПРОБОВАНИЕ

В процессе разведки золоторудных месторождений помимо геологического осуществляется специальное опробование с целью определения объемной массы руды и других ее характеристик. Данный тип опробования имеет большое значение для правильной оценки месторождений, так как объемная масса — один из главных параметров при подсчете запасов руды и металла.

Под объемной массой понимают массу 1 м^3 руды в тоннах в ее естественном залегании без нарушения свойственных руде пустот и пор. От объемной массы следует отличать удельную массу. Удельная масса руды — это масса единицы объема руды в ее плотном состоянии без учета пустот, пор, каверн, трещин. При подсчете запасов необходимо использовать только величину объемной массы руды в ее естественном залегании, которая меньше величины удельной массы. Использование удельной массы в процессе разведки оправдано лишь при специальной характеристике физических и горно-технических свойств руд и пород.

Одновременно с определением объемной массы должна устанавливаться и влажность руды. Это связано с тем, что содержание полезных компонентов устанавливается путем лабораторных анализов абсолютно сухой руды, и, следовательно, запасы необходимо подсчитывать с учетом объемной массы только сухой руды. Так как при разведке месторождений объемная масса руды опре-

деляется в естественно-влажном состоянии, то при подсчетах следует вводить поправку на влажность.

Влажность руды при разведке месторождений определяют не только для внесения поправки в величину объемной массы, но и для общей качественной характеристики руд.

При проведении специальных видов опробования необходимо учитывать, что ошибки в определении величины объемной массы могут повлечь за собой значительные погрешности при подсчете запасов. Поэтому очень важно правильно устанавливать этот подсчетный параметр и применять его при подсчете запасов.

Величину объемной массы обычно определяют лабораторным способом по специально отобраным образцам руды или валовым способом путем выемки руды из целика. Известный в настоящее время ядерно-физический способ ее определения, основанный на измерении ослабления гамма-излучения при его прохождении сквозь руду или породу на золоторудных месторождениях, пока не нашел широкого применения. При лабораторном определении объемной массы из забоев, стенок или кровли горных выработок отбираются образцы руды массой до 1,5 кг. После взвешивания в воздухе образцы покрываются тонкой водонепроницаемой пленкой парафина (путем мгновенного погружения в расплавленный парафин) или лака для того, чтобы все имеющиеся в них поры и трещины были закрыты и с помощью мерного сосуда определяется их объем. Отношение массы образца к его объему и представляет собой величину объемной массы образца. Данный способ позволяет учитывать реально существующие мелкую трещиноватость и пористость руд в объеме изучаемых образцов. 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.

При этом методе определения объемной массы руды необходимо учитывать массу и объем парафина или лака, используемых для покрытия образцов. Поэтому образцы после парафинирования или покрытия лаком повторно взвешиваются, что позволяет выяснить массу парафина или лака. Зная удельную массу последних, можно вычислить объем парафинового или лакового слоя.

Объем парафина или лака, покрывающего образец, устанавливают по формуле

$$V_n = (g_n - g) / 0,93,$$

где V_n — объем парафина, покрывающего образец; g_n — масса образца после парафинирования; g — то же, до парафинирования; 0,93 — удельная масса парафина (или лака).

Объемную массу руды d для данного образца определяют по формуле

$$d = g / (V_0 - V_n),$$

где g — масса образца; V_0 — объем парафинированного образца; V_n — объем парафина, покрывающего образец.

Способ лабораторного определения объемной массы по образцам наиболее оперативен, менее трудоемок и широко применяется при разведке. Однако лабораторное определение объемной массы руд по образцам, предварительно покрытым парафином или лаком, обычно приводит к некоторому завышению значения объемной массы за счет не учитываемых, но реально существующих крупной трещиноватости и больших полостей в рудных телах. В связи с этим лабораторные способы менее надежны и их необходимо контролировать валовым способом.

Валовый способ более надежен, так как за счет большого объема руды, попадаемой в пробу, удается учитывать влияние не только мелкой трещиноватости и пористости, но и крупных пустот, присутствующих в рудах некоторых месторождений золота. Этот способ более трудоемок из-за большого объема подготовительных работ, сложности взвешивания отбитого материала и точного определения объема руды, вынутой из целика.

При валовом способе в рудном теле из целика стремятся вынуть некоторый объем руды правильной геометрической формы. Объем этот может колебаться от долей кубометра до нескольких десятков кубометров. Выемка руды из целика осуществляется обычно с помощью буровзрывных работ. В практике разведки золоторудных месторождений для определения объемной массы обычно используют выемку руды из горных выработок разведочного сечения в процессе их проходки. Обычно объем руды 10—12 м³ достаточен для валового способа. Этот объем соответствует выемочному пространству горной выработки разведочного сечения и достигается при ее проходке на 2—3 м (одна-две отпалки). В отдельных случаях делают специальные ниши (выемки) в стенках горных выработок (рассечек, ортов).

После отбойки вся масса руды взвешивается, а выемочное пространство тщательно замеряется маркшейдерскими способами. Соотношение объема и массы исследуемой руды позволяет определить величину ее объемной массы в месте отбора пробы. Наибольшую трудность при этом представляет точный замер объема выемочного пространства. В ряде случаев необходимая точность замера может быть достигнута путем увеличения объема выемки до нескольких десятков кубометров. С этой целью проходятся специальные горные выработки (рассечки), весь материал из которых используется для анализа объемной массы. Главные условия надежного определения объемной массы валовым способом (выемка руды из целиков) — правильное измерение объема выемочного пространства и точное определение массы вынутой руды.

Сечение горной выработки после выемки руды из целика с помощью буровзрывных работ имеет, как правило, неправильную, сложную форму за счет обрушения пород кровли и стенок выработки. Обычно сечение кровли получается овальной формы, в результате чего выемочное пространство характеризуется неправильной геометрической формой и вычислять его объем по формуле $V = H_{cp} \cdot B_{cp} \cdot L_{cp}$ (H_{cp} — высота, B_{cp} — ширина, L_{cp} — длина) нель-

зя. Это допустимо лишь тогда, когда при выемке руды из целика исключается возможность обрушения пород и сохраняется взаимно перпендикулярное расположение стенок выработки или ниши.

При выемке руды из целика с помощью буровзрывных работ выдержать эти условия не удается. За счет вывалов из кровли и стенок выработки масса вытянутой руды при валовом способе обычно не соответствует намечаемому (теоретическому) объему целика, поэтому иногда величина объемной массы значительно завышается. Таким образом, правильно определить реального выемочного пространства с учетом вывалов, возникающих при отбойке руды, — одна из важнейших задач.

Объем выработки (выемочного пространства) при отбойке руды из целика буровзрывным способом можно представить как сумму элементарных объемов (частных сечений), каждый из которых заключен между двумя параллельными поперечными сечениями [27]. Их площадь определяется маркшейдерскими способами — линейных засечек, полярным способом и т. д. [44] с последующим планиметрированием отстроенного на графике контура или по формулам:

$$S_1 = H_{\max} \cdot B_{\text{ср}};$$

$$S_2 = B_{\max} \cdot H_{\text{ср}},$$

где S_1 и S_2 — площади сечений, ограничивающих элементарный объем (частное сечение); H_{\max} и $H_{\text{ср}}$ — соответственно максимальная и средняя высота выработки; B_{\max} и $B_{\text{ср}}$ — соответственно максимальная и средняя ширина выработки.

В этом случае средняя площадь частного сечения $S_{\text{ср}}$ может быть определена из выражения

$$S_{\text{ср}} = (S_1 + S_2)/2.$$

Исходя из этого реальный объем выемочного пространства с учетом вывалов из стенок и кровли может быть вычислен по формуле: $V = S \cdot L_{\max}$, где S — среднее значение площади по серии параллельных частных сечений, равное $(S_{1\text{ср}} + S_{2\text{ср}} + \dots + S_{n\text{ср}})/n$, а L_{\max} — максимальная длина выработки.

Для правильного определения объема выемочного пространства количество измерений высоты и ширины выработки в каждом сечении, а также количество рассматриваемых частных сечений должно быть не менее десяти. Несмотря на трудности проведения такого большого числа измерений, значительно снижаются погрешности определения объемной массы руды.

При валовом способе необходимо также с большой точностью установить массу вынутой руды. С этой целью следует исключить возможность потери руды и предусмотреть тщательный контроль за процессом ее взвешивания. Представительность средней величины объемной массы при лабораторном и валовом способах ее определения зависит от количества проб, выбора мест их отбора, качественного взвешивания образцов или материала, отбитого в

валовую пробу, а также тщательного измерения объема образцов и выемочного пространства при отбойке руды из целика.

Способ определения объемной массы выбирается с учетом характера исследуемых руд и масштаба месторождения. На золоторудных месторождениях, где обычно развиты крепкие, плотные руды осуществляется лабораторное определение объемной массы. Это связано с тем, что в плотных рудах при данном способе анализа погрешность величины объемной массы наименьшая за счет отсутствия в рудных телах крупных естественных полостей. В менее плотных рудах (трещиноватых, кавернозных и пористых) лабораторный способ не позволяет учитывать реально существующие в рудных телах крупные полости, особенно в пределах зоны окисления, и могут возникнуть значительные погрешности в определении величины объемной массы руды в ее естественном залегании. Поэтому на месторождениях с кавернозными, трещиноватыми и пористыми рудами для анализа объемной массы обычно применяется валовый способ.

Для месторождений с достаточно плотными рудами способ выемки руды из целика используется только в качестве контрольного способа для подтверждения или корректировки величины объемной массы, установленной в лабораторных условиях.

После контрольного определения объемной массы валовым способом в результаты лабораторных определений может быть введен поправочный коэффициент K_0 . Он устанавливается как отношение значения объемной массы руды, выявленной по данным валового способа d_k , к значению объемной массы, полученной лабораторным способом $d_{\text{л}}$, т. е. $K_0 = d_k/d_{\text{л}}$.

Количество контрольных определений валовым способом должно быть достаточным для надежного вывода поправочного коэффициента. На крупных золоторудных месторождениях с целью избежания ошибок в определении запасов руды и металла основным должен быть валовый способ.

При определении объемной массы руды необходимо учитывать, что она зависит от ряда факторов — минералогического состава руд, их текстурно-структурных особенностей, трещиноватости, пористости, влажности и др. Поэтому в пределах всего месторождения, отдельных его рудных тел, горизонтов или блоков возможны значительные колебания ее величины даже в однотипных рудах. Особенно значительны различия для окисленных, выветрелых и первичных руд, а также для руд, залегающих в зонах тектонических нарушений.

Так как руды почти всегда характеризуются некоторой изменчивостью величины объемной массы, то ее необходимо определять отдельно для каждого, относительно однородного, естественного типа руд с учетом его распространения по простиранию и падению в пределах отдельных рудных тел или месторождения. Для этих целей пробы (образцы) должны отбираться в различных частях рудного тела или участка месторождения, представленного соответствующим типом руд, а места отбора образцов размещаться

равномерно. Анализ объемной массы по образцам обычно не требует больших затрат средств и времени, поэтому одновременно по этим же образцам можно анализировать не только влажность, но и содержание золота.

При большом числе анализов в некоторых случаях удается установить корреляционную зависимость между объемной массой и содержанием золота. На тех золоторудных месторождениях, где устанавливается непосредственная связь золота с каким-либо рудным минералом, после определения объемной массы образцы должны быть отданы на пробирный анализ для определения в них содержания золота. При выявлении и четкой корреляционной связи между величиной объемной массы руды и содержанием в ней золота в отдельных случаях объемная масса может устанавливаться с помощью уравнения регрессий.

Среднее значение величины объемной массы выводится как среднеарифметическое из частных определений этой величины, установленной по образцам или выемкам руды из целика для соответствующего типа руд в пределах рудного тела, участка или месторождения в целом. Для каждого типа золотых руд, запасы которых учитываются самостоятельно, объемная масса должна определяться отдельно. Определение среднего значения величины объемной массы по месторождению в целом без учета количественных соотношений отдельных типов руд, как и определение среднего значения объемной массы руды по всем образцам, характеризующим различные типы руд, методически неправильно. Вычисления единой по месторождению или рудному телу средней величины объемной массы допустимо лишь в тех случаях, когда нет резко отличных типов руд, характеризующихся различной величиной объемной массы.

Если выявлены значительные различия в величинах объемной массы руды по простиранию и падению рудных тел, то следует выделить однородные по ее величине участки (блоки, группы блоков). При подсчете запасов по этим участкам надо учитывать не среднее значение величины объемной массы, установленное для всего рудного тела или месторождения, а лишь значения, выявленные по отдельным блокам или группе блоков, заключенных между двумя или несколькими горизонтами горных выработок, как по падению, так и по простиранию рудных тел.

Влажность также необходимо определять по типам руд, так как для различных типов руд эта величина может меняться в широких пределах: от долей процента до 35 %. Для плотных золото-кварц-сульфидных руд она обычно колеблется от 2 до 5 %. Следует также учитывать, что естественная влажность руд может изменяться в зависимости от глубины залегания рудных тел, времени года, уровня грунтовых вод и т. д.

При лабораторном и валовом способах определения объемной массы образцы руд всегда содержат какое-то количество влаги, свойственное руде в месте их отбора. Поэтому при анализе влажности следует помнить, что объемная масса зависит от ее вели-

чины в момент определения. В связи с этим необходимо одновременно с определением объемной массы определять по тем же образцам и пробам влажность. Данный параметр устанавливается в естественном залегании руды, так как он подвержен влиянию атмосферных условий. Так, нельзя определять влажность по образцам, взятым из горных выработок и керна скважин, долго хранившихся на поверхности. В одних случаях они могут оказаться полностью высушенными, в других — сильно увлажненными. Определение объемной массы без одновременной оценки влажности руды или выявление влажности по образцам, отобраным в других местах, может привести к значительным ошибкам. В случае валового способа определения объемной массы руды пробы на влажность берут из отбитого материала в процессе его взвешивания.

Влажность анализируют путем взвешивания образца руды в естественно-влажном и сухом состоянии. Для сохранения влажности в сильно трещиноватой и пористой руде ее образцы при отборе парафинируются. После взвешивания рудных образцов во влажном состоянии они раскалываются на отдельные кусочки крупностью 5—10 мм и высушиваются в электрическом сушильном шкафу при температуре 100—110 °С или в эксикаторе. После повторного взвешивания рудного материала частное значение влажности в образце руды рассчитывают по формуле

$$w = (g_1 - g_2) / g_1 \cdot 100,$$

где w — влажность руды; g_1 — масса образца руды с естественной влажностью; g_2 — масса абсолютно сухого образца.

Среднюю величину влажности для соответствующего типа руд получают по ряду частных ее значений, выявленных в процессе определения объемной массы руды по отдельным пробам (образцам). В соответствии со средним значением влажности руд в средней величине объемной массы влажной руды вводится поправка. Величина объемной массы абсолютно сухой руды определяется по формуле

$$d_{\text{сух}} = d_{\text{вл}} \cdot (100 - w) / 100,$$

где $d_{\text{сух}}$, $d_{\text{вл}}$ — соответственно объемная масса сухой и влажной руды.

Эта величина и учитывается при подсчете запасов руды и металла на золоторудных месторождениях.

4.4. ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОПРОБОВАНИЕ

1. Назначение технологического опробования, виды проб и требования, предъявляемые к ним

Технологические исследования в процессе разведки — один из важнейших видов работ, имеющих большое значение для оценки месторождений. С учетом рекомендаций по технологии переработки руд разведываемого месторождения составляется ТЭО кондиций и

проводится подсчет запасов. Без технологических исследований не может быть дана промышленная оценка месторождения, утверждены запасы и проведено проектирование горно-рудного предприятия. В последнее время технологические исследования приобретают все большее значение.

Исследования проводят на специальных технологических пробах, отбираемых при разведке месторождений. Назначение технологического опробования — отбор и приготовление проб для технологических исследований, на основе результатов которых осуществляется технологическая типизация руд разведываемого месторождения, выбор наиболее эффективных методов и технологических схем извлечения золота и попутных компонентов, а также определение технико-экономических показателей обогащения руд. Пробы для технологических исследований отбираются на различных стадиях геологоразведочных работ (от поисково-оценочных работ до детальной разведки), а также в процессе эксплуатации.

В зависимости от стадии технологическое опробование преследует различные цели, и соответственно к технологическим пробам предъявляются разные требования. Чем выше детальность разведки, тем представительнее должны быть пробы для технологических исследований.

Своевременно и методически правильно поставленное технологическое опробование позволяет выявить качество руд и оценить их промышленное значение с меньшими затратами и в более короткие сроки. Качество изучения технологических свойств руд во многом определяется не только объемом и методикой исследований, но и представительностью отбираемых проб.

Требования к представительности технологических проб при существующих методах переработки золотых руд в общем виде сводятся к следующему: 1) вещественный состав пробы должен соответствовать среднему вещественному составу руды изучаемого типа; 2) содержание золота и попутных компонентов в технологической пробе должно быть близко к среднему их содержанию в руде; 3) материал проб должен правильно отражать размеры золота и характер его связи с другими компонентами руды.

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, а также изучаются физические свойства руд. По данным минералого-химического изучения, а также результатов исследования физических свойств руд выделяются их минеральные (природные) разновидности, которые могут обладать различными или близкими свойствами.

Пробы для технологических испытаний отбирают геологи, непосредственно изучающие месторождение, при участии или кон-

сультации технологов. Технологическая типизация руд разведываемого месторождения должна проводиться технологами. Выделение технологических типов руд и отбор технологических проб для каждого золоторудного месторождения имеют свою специфику.

2. Задачи технологических исследований и методика отбора проб на различных стадиях работ

На стадии поисково-оценочных работ обычно имеются ограниченные данные о содержании золота и только общие представления о морфологии рудных тел и характере распространения золотого оруденения. На этой стадии предварительно выделяются минеральные (природные) разновидности руд.

Задачи технологических исследований на стадии поисково-оценочных работ: определение вещественного состава минеральных разновидностей руд; установление принципиальной возможности извлечения золота; выбор примерных схем переработки руд и предварительная технологическая типизация руд разведываемого месторождения. Изучение технологических свойств минеральных разновидностей руд позволяет также выяснить, на какие сопутствующие компоненты руды следует обратить особое внимание. Результаты технологических исследований этой стадии используются для обоснования дальнейших геологоразведочных работ (предварительной разведки) при геолого-экономической оценке месторождения.

Технологическая типизация сложных руд на стадии предварительной разведки значительно облегчается, если отбор технологических проб и их исследование начинается уже в процессе поисково-оценочных работ. Получаемые на данной стадии результаты технологических исследований имеют предварительный характер, однако они позволяют в дальнейшем лучше обосновать технологическую типизацию руд и дать им необходимую технологическую оценку.

На поисково-оценочной стадии отбираются частные технологические пробы для лабораторных исследований массой от 20 до 100 кг по числу минеральных (природных) разновидностей руд. При этом по каждой разновидности намечают одно-два пересечения, по которым тем или иным способом (взрывной, бороздовый, задиrkовый и др.) отбирают рудный материал в пробу.

На стадии предварительной разведки достаточно густая сеть выработок дает возможность получать представление обо всем месторождении. В эту стадию обычно устанавливаются общие размеры месторождения, условия залегания и морфология рудных тел, дается качественная и количественная характеристика золотого оруденения и выделяются наиболее перспективные участки детальной разведки. Одновременно с этим выявляются технологические типы руд.

На основе лабораторных исследований малых технологических проб на этом этапе работ устанавливается качественный и количественный минеральный состав руд, а также принципиальная возможность извлечения золота и других полезных компонентов. Технологические свойства руд изучаются с целью составления возможных принципиальных схем их переработки и выявления технико-экономических показателей для каждого технологического типа руд. Эти данные служат основой для составления временных кондиций.

Технологическое исследование должно проводиться в тесном контакте с минералогическим изучением руд, в задачи которого входит выяснение форм нахождения и размеров золота и других минералов, а также характера их сростания. По результатам технологических исследований осуществляются технологическая типизация руд и выделение технологических типов. При этом может оказаться, что разнотипные (по предварительной типизации) руды обрабатываются по одной и той же технологической схеме и, следовательно, могут быть отнесены к одному технологическому типу.

Технологические типы руд выделяются на стадии предварительной разведки по совокупности следующих признаков: присутствию в рудах помимо золота других промышленных попутных компонентов; степени окисления руд; наличию в рудах компонентов, осложняющих технологию их переработки; характеру золота в изучаемых рудах, в первую очередь его крупности и ассоциации с другими минералами.

Первые три признака устанавливаются в основном аналитическими методами; визуально можно выяснить только степень окисления. Четвертый признак (характер золота) определяется при минералогических исследованиях.

Помимо указанных признаков, отражающих вещественный состав руд, следует учитывать также наличие условий для селективной отработки руд каждого типа и величину их запасов. При этом надо исходить из того, что запасы руды должны быть такими, чтобы обеспечить работу отдельной секции обогатительной фабрики на достаточно продолжительное время. Кроме того, в ряде случаев в пределах одного технологического типа целесообразно разделять руды на сорта (богатые, средние и бедные). При этом следует учитывать содержание не только золота, но и других промышленно-ценных компонентов.

Одновременно технологические исследования позволяют уточнить количественные значения признаков, по которым руды соответствующего месторождения относятся к тому или иному технологическому типу. Для решения указанных задач отбираются малые технологические пробы по предварительно установленным типам руд, выделенным в результате технологических исследований частных проб, которые отобраны на стадии поисково-оценочных работ.

Наибольшее затруднение при отборе технологических проб на стадии предварительной разведки вызывает их представительность

по содержанию золота, так как кондиции для месторождения еще не известны и их следует разработать с учетом результатов технологических исследований. Из-за этого малые технологические пробы, отобранные и исследованные как представительные, с накоплением данных по месторождению иногда оказываются частными и возникает необходимость дополнительных исследований на других, более представительных пробах.

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 руд. Данные исследования 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.

На стадии предварительной разведки целесообразно проводить технологическое картирование месторождений. Для этого на месторождении с различных участков отбираются пробы массой 10—30 кг для технологических исследований по сокращенной схеме: изучаются вещественный состав руды (определяются содержания полезных компонентов и основных примесей, размеры и формы нахождения золота и примесей, осложняющих технологию переработки руды), проводятся исследования на обогатимость.

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.

С целью достижения наибольшей представительности малых технологических проб рудный материал для каждой из них следует отбирать не в одном, а в нескольких местах, расположенных по возможности равномерно в пределах площади распространения того технологического типа руд, который должна представлять отбираемая проба. Для этого на основе данных геологической документации и опробования на погоризонтных планах намечаются места отбора рудного материала в малую технологическую пробу. Содержание золота в отбираемых малых технологических пробах должно примерно соответствовать среднему его содержанию в опробуемой руде соответствующего технологического типа, выявленному по данным технологических исследований на стадии поисково-оценочных работ.

При небольшом количестве горных выработок, вскрывающих рудное тело (до 15), материал для пробы может быть взят из всех пройденных горных выработок, пересекающих руду соответствующего технологического типа, за исключением тех, где руда по составу, уровню содержания, строению и другим свойствам не характерна для данного технологического типа. Когда рудное тело скрыто большим количеством горных выработок, для подсчета среднего содержания золота в руде, рудный материал можно отбирать не из всех выработок. Если оно будет отличаться более чем на 20 % от среднего содержания, подсчитанного по всем выработкам, пересекающим участок рудного тела, расположение и количество мест пробоотбора следует изменить, выбрав такой вариант, при котором различие в содержании не будет превышать указанного предела. Пробы отбираются с помощью специальных выемок в виде борозд (или задирок) в стенках, кровле или, реже, в почве выработок, пересекающих рудное тело. Сечение борозды подбирается таким образом, чтобы после отбора рудного материала из всех намеченных мест масса технологической пробы составила требуемую величину.

Масса малой технологической пробы обычно принимается равной 100—200, а иногда 500 кг. Редко при сложном вещественном составе руд, наличии в рудах крупного золота, а также крайне неравномерном его распределении в рудном теле она может быть увеличена до 2 т и более. Количество материала, поступающего в пробу из каждого места отбора, должно быть пропорционально объему руд, тяготеющему к нему. При достаточно равномерном расположении выработок это достигается постоянством сечения борозд, с помощью которых отбирается материал пробы. В случае неравномерного расположения горных выработок, из которых отбирается проба, для соблюдения необходимой пропорции материала в анализируемой пробе поперечные сечения борозд могут изменяться.

Руду в технологическую пробу следует отбирать с таким расчетом, чтобы она поступала в пробу не засоренной вмещающими породами. В то же время безрудные прослои, находящиеся внутри рудного тела, если они невыдержаны, маломощны и раздельная выемка их при разработке месторождения невозможна или нецелесообразна, должны включаться в пробу. Если при отборе технологической пробы в рудных телах небольшой мощности (менее 0,8 м) будет установлено, что происходит засорение руды вмещающими породами, то необходимо об этом указать в паспорте пробы и сообщить лаборатории предполагаемое разубоживание (в процентах). При этом необходимо отобрать отдельную пробу вмещающих пород массой 40—50 кг, что позволит в лаборатории отдельно исследовать руду и вмещающие породы (в соответствующей пропорции).

В исключительных случаях (при небольшом объеме подземных горных выработок) технологическая проба может быть составлена из керна скважин, специально пробуренных для этой цели, или из

материала, оставшегося после отбора геологических проб. Необходимое условие — достаточно высокий выход керна (70 %) и отсутствие его избирательного истирания. Общий порядок составления малой технологической пробы по скважинам тот же, что и при отборе проб из горных выработок. Исходная масса малой технологической пробы, отобранной из керна, в отдельных случаях (по согласованию с лабораторией) может быть меньше, чем обычно.

Материал малой технологической пробы, как правило, должен состоять из кусков руды размером 30—40 мм. Пробы с мелким материалом (мельче 20 мм) нежелательны, так как в 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 затем более крупный материал подвергнуть дроблению. После дробления (если оно было необходимо) материал пробы тщательно перемешивается (не менее трех раз) методом кольца и конуса и от него отбирают путем вычерпывания 1/10 часть, которая используется в дальнейшем в качестве контрольной пробы.

Контрольная проба анализируется с целью выявления содержания золота и сопутствующих полезных и вредных компонентов. Если различие в содержаниях ценных компонентов в контрольной пробе окажется больше чем 20 % по отношению к содержанию их в рудах оцениваемого участка, то исходный материал малой технологической пробы признается непригодным и проба отбирается заново.

Материал технологической пробы после получения положительных результатов по контрольной делится на две части, одна из которых — малая технологическая проба направляется на испытания, а другая — дубликат хранится непосредственно на месторождении. Подготовленный материал малых технологических проб упаковывается в крафт-мешки. Каждый мешок с материалом пробы взвешивается и помещается в отдельный плотный ящик, который маркируется установленным образом. После этого упакованная малая технологическая проба направляется в лабораторию соответствующего института на исследование.

На стадии детальной разведки получают наиболее полные данные о геологическом строении месторождения, морфологии рудных тел, качестве руд и распределении отдельных их типов, а также о закономерностях изменения вещественного состава руд, содержания в них золота и других полезных компонентов. В этот же период устанавливаются гидрогеологические и горно-технические условия проведения эксплуатационных работ.

При детальной разведке отбираются большие технологические пробы, которые исследуются в полупромышленных, а при необходимости и в опытно-промышленных условиях. Если по каким-либо причинам на стадии предварительной разведки малые технологические пробы не были отобраны, то они отбираются при детальной

разведке в ее начальный период с тем, чтобы их испытания закончить до начала отбора больших технологических проб.

Из больших технологических проб непосредственно на месторождении отбираются лабораторные пробы, которые должны полностью представлять полупромышленную пробу по составу и содержанию полезных компонентов. Перед полупромышленными испытаниями пробы должны быть исследованы в лабораторных условиях. Разработанные при этом режимы обогащения проходят последующую проверку на крупнотоннажных пробах при полупромышленных и опытно-промышленных технологических исследованиях.

Большие пробы в зависимости от их массы обрабатываются на специальных полупромышленных установках или опытных фабриках. Задача полупромышленных испытаний — проверка и уточнение схем переработки руд, определение характеристик оборудования и реагентов, рекомендованных в результате лабораторных испытаний, и выяснение оптимальных технико-экономических показателей переработки. При наличии на месторождении нескольких промышленных типов руд полупромышленные исследования проводятся для каждого типа.

Раздельная обработка руд различных технологических типов или подтипов по сравнению с обработкой смеси всех типов позволяет получить более ценные технологические показатели, но в то же время усложняет работу горно-обогатительного предприятия, так как в этом случае требуется строительство двух самостоятельных секций фабрики. Поэтому при технологических исследованиях необходимо стремиться к получению обоснованных данных о необходимости раздельной переработки руд различных типов. Выбор единой технологической схемы переработки руд различных типов определяется на основании анализа полученных данных технологических испытаний с учетом запасов руд всех типов и условий отработки месторождения.

Опытно-промышленные технологические исследования руд на обогатимость производятся для месторождений, имеющих большое народнохозяйственное значение и требующих для их освоения больших капиталовложений. Эти исследования необходимы также, когда для обогащения руд применяются новые, недостаточно апробированные практикой схемы или новое оборудование при наличии в значительных количествах попутных компонентов, существенно усложняющих процесс обогащения, а также в случае необходимости наработки концентратов для полупромышленных испытаний по их переработке (плавкой, цианированием и другими методами).

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 или когда для разработки технологических схем даль-

нейшей переработки руд необходимо получить значительное количество концентратов.

В итоге полупромышленных и опытно-промышленных исследований уточняется вещественный состав руд, проверяются схемы обогащения, ранее разработанные по малым пробам, выявляются оптимальные режимы работы фабрики, расход реагентов, подбирается необходимое оборудование, составляется требуемая технологическая цепь аппаратов, качественно-количественная и шламовая схемы, проверяются режимы работы технологической схемы в условиях водооборота и обезвреживания сточных вод, снимаются все показатели, необходимые для составления ТЭО постоянных кондиций, подсчета запасов и проектирования промышленного предприятия.

В связи с большой важностью технологических исследований, требующих больших затрат средств, времени и труда на отбор, транспортировку и обработку крупнообъемных технологических проб, необходимо обеспечить их высокую представительность. Материал проб на данном этапе технологических исследований должен удовлетворять следующим требованиям: 1) соответствовать по вещественному и гранулометрическому составу, структуре, текстуре руд и другим характеристикам средним показателям их для руд месторождения или его участка; 2) отражать размер и форму золота, вид связи его с другими компонентами руды; 3) отличаться по содержанию золота и других полезных компонентов не более чем на 15 % от среднего их содержания в руде характеризуемого месторождения или его участка. Методика отбора больших технологических проб и их количество должны быть обоснованы для каждого конкретного золоторудного месторождения.

Отбор больших технологических проб осуществляется с учетом результатов испытаний малых технологических проб. Большая технологическая проба, предназначенная для полупромышленных испытаний, может представлять все разведанное месторождение. Однако, когда месторождение характеризуется наличием нескольких технологических типов руд, совместная отработка которых не рациональна, а выемка их может производиться селективно, необходимо отобрать отдельные большие технологические пробы по каждому типу руд и провести их исследование.

Вопрос о необходимости на данном месторождении отбора для полупромышленных испытаний одной общей для всего месторождения технологической пробы или ряда отдельных проб, отражающих разные типы руд, решается с участием специалистов-технологов, проводивших предварительные лабораторные исследования руд месторождения, и представителей проектной организации. Отбор и исследование одной пробы по всему месторождению во многих случаях недостаточен. Только исследование нескольких проб обеспечивает полную и надежную технологическую оценку руд, что позволяет более обоснованно проектировать отработку и выбирать технологическую схему обогащения.

С участием представителя организации, которая будет проводить технологические исследования, устанавливается и необходимая масса пробы. У больших технологических проб она колеблется от 10 до 300 т, а в отдельных случаях достигает 2000 т. Масса большой технологической пробы определяется исходя из технологических особенностей руды, сложности технологических схем обработки, количества концентрата, требуемого для лабораторных и полупромышленных исследований, производительности опытной установки, 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, обязательно должны быть согласованы с организацией, которая будет ее исследовать. После согласования проект отбора пробы утверждается руководством геологоразведочной партии или экспедиции. От того, насколько правильно составлена рабочая схема отбора больших технологических проб, во многом зависит представительность и обоснованность промышленной оценки разведанного месторождения.

Большую технологическую пробу, представляющую все месторождение или значительную его часть, следует отбирать не на одном, а на нескольких участках таким образом, чтобы они наиболее полно отражали все основные минералого-петрографические, текстурные, химические, физические и другие свойства руд. Эта проба должна представлять средний состав рудной массы, т. е. смесь руды и разубоживающих ее вмещающих пород, в соотношении, близком к тому, в котором они будут подаваться на фабрику в процессе отработки месторождения.

Из общего числа участков (горных выработок), которые по данным геологического опробования и технологического картирования наиболее типичны для месторождения, выбирают те, где по техническим условиям удобнее отбирать пробу. Количество руды, отбираемой на каждом участке, должно быть пропорционально количеству запасов руды, которые они представляют.

Большие технологические пробы, предназначенные для полупромышленных испытаний, как правило, должны представлять ту часть месторождения, которая на данном этапе геологоразведочных работ разведана до категории В+С₁ или С₁. Запасы категории С₂, если они разведаны только скважинами и расположены на более глубоких, не вскрытых участках месторождения и, тем более, если они подвешены к запасам более высоких категорий, при составлении полупромышленной технологической пробы не должны учитываться. Технологические пробы отбирают из горных выработок и только в исключительных случаях — из скважин.

При отборе большой технологической пробы из горных выработок необходимо соблюдать следующие условия: материал в про-

бу на каждом выбранном участке необходимо отбирать равномерно по всей мощности рудных тел от лежачего до всячего блока; проба по 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 жиллообразным рудным телам необходимо также руководствоваться и размером выемочного пространства. Максимальная мощность пустых пород, включаемых в рудный интервал, и ширина выемочного пространства должны соответствовать установленным кондициям.

Конкретные условия отбора больших технологических проб определяются в зависимости от мощности рудного тела, способов разведки и вскрытия месторождения, необходимой массы материала пробы и т. д. Когда масса большой технологической пробы достигает 50 т (объем горной массы составляет 20 м³), а проба отбирается на трех—пяти 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 простиранию, технологическая проба необходимого объема и массы может быть отбрана прямо в забое штрека, в процессе его проходки, после одной-двух отпалок.

В том случае, когда рудное тело имеет значительную мощность и разведывается секущими выработками (рассечками, ортами, квершлагами), материал в пробу отбирается из боковых стенок выработок путем частичного их расширения. Для этого по всей мощности 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 по возможности в более крупных кусках. Отбойка руды проводится путем бурения неглубоких шпуров с последующей отпалкой. Если количество отбитого материала значительно превышает необходимое расчетное его количество, то оно сокращается в нужной пропорции тут же в горной выработке при погрузке материала пробы в вагонетки. Сокращение материала осуществляется путем равномерного отбрасывания в отвал, например, каждой второй, третьей и т. д. лопаты.

При отборе технологической пробы массой 200—300 т (объем 80—120 м³) на каждом из участков отбирается обычно от 20 до 30 м³ руды. Такой объем руды из существующих горноразведочных выработок отобрать невозможно и для этой цели проходятся специальные горные выработки. Из маломощных рудных тел технологическая проба отбирается путем проходки штреков или восстающих (особенно, если они могут быть пройдены между двумя разведочными этажами). В случае, когда проба отбирается из мощных рудных тел, разведанных секущими горными выработками или горизонтальными скважинами, для ее отбора следует прохо-

дить специальные горные выработки (рассечки, орты), располагая их вблизи уже пройденной разведочной выработки или между двумя соседними, ранее пройденными выработками, вскрывающими рудное тело на всю его мощность.

Если для необходимых исследований масса большой технологической пробы должна составлять 2000 т, то отбор материала для нее 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 проходят вкрест простирания рудного тела и ограничивают двумя восстающими. Отбойку руды проводят лентами по всей мощности рудного тела. При этом количество лент и высота очистной выработки определяются массой руды, отбираемой в пробу из данной выработки.

Во всех без исключения случаях выработки, из которых отбираются технологические пробы, должны быть тщательно опробованы. При отборе большой технологической пробы из разведочных горных выработок, непосредственно перед отбором рудного материала, забой выработки или ее боковые стенки специально опробуются обычными для данного месторождения способами. После окончания отбора большой технологической пробы забой и стенки выработок вновь опробуются для получения наиболее полных данных о содержании золота и попутных компонентов в отбитой руде пробы (в интервале опробования).

Если проба отбирается из специально проходимых для этой цели выработок разведочного или очистного типа, то в процессе проходки ведется систематическое геологическое опробование. Забой рудных штреков по мере их проходки опробуются после каждой отпалки, очистные же выработки опробуются систематически по мере продвижения забоев. В квершлагных выработках опробование осуществляется по двум стенкам.

Одновременно с геологическим опробованием выработок, из которых отбираются технологические пробы, проводится их геологическая документация в участках отбора пробы. 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 и указываются их номера. Геологическая документация и результаты геологического опробования мест отбора технологической пробы прикладываются в дальнейшем к ее паспорту.

Рудный материал, отбираемый в технологическую пробу, должен быть тщательно взвешен. При массе пробы до 300 т взвешивание проводится в вагонетках в процессе транспортировки материала от забоя до места складирования. В том случае взвешива-

ются 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 маркшейдерский замер выемочного пространства в той выработке, из которой была отобрана проба. При маркшейдерском замере в очистных выработках необходимо определить степень разубоживания руды боковыми породами.

При отбойке руды в технологическую пробу из разведочных или специально пройденных для этой цели выработок должны соблюдаться меры, обеспечивающие полный сбор отбитого материала пробы и исключаящие его засорение посторонним материалом. Для этого следует предварительно тщательно обить кровлю, а затем отбивать руду на железные листья. Особое внимание должно быть обращено на транспортировку пробы от места ее отбора до места складирования во избежание потерь материала или его разубоживания.

Отбор технологических проб требует тщательности и аккуратности. Нельзя допускать потерю мелкого материала, который часто обогащен золотом или содержит компоненты, существенно влияющие на технологию переработки руд, а также длительного его хранения под землей или на поверхности. Это может привести к окислению сульфидов, выщелачиванию некоторых компонентов, смерзанию руд и т. п. Материал пробы, отбитый в очистных выработках, должен выпускаться в специально маркированные вагонетки. При этом необходимо следить за полнотой выпуска из камеры рудного материала и особенно его мелкой части, исключая в то же время засорение руды боковыми породами.

Если по условиям разведки месторождения большую технологическую пробу можно отобрать только из скважин, то ее массу ограничивают 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 с учетом данных предшествующих разведочных работ. Все это вызывает большие трудности. При диаметре керна 60—62 мм и выходе его не менее 90% с одного метра может быть получено не более 7—8 кг руды.

Следовательно, для составления технологической пробы массой 3 т необходимо по рудному телу пробурить 350—400 м. Это может быть выполнено лишь в том случае, когда рудное тело имеет значительную мощность и длина рудного интервала, пересекаемого скважиной, составляет 15—20 м. Однако в то же время требуется пробурить 20 и более скважин специально для отбора технологической пробы.

Керн каждой скважины, отбираемый в технологическую пробу, предварительно должен быть опробован. С этой целью из всех рудных интервалов скважин отбираются пробы и затем составля-

ется частная сквозная проба из отдельных небольших кусочков, равномерно отбитых от керна по всей длине рудного интервала. Масса материала, отбираемого с 1 м скважины, 0,3—0,5 кг, а общая масса сквозной пробы — несколько килограммов. Каждая частная сквозная проба в дальнейшем проходит обычную обработку в лаборатории. После измельчения материала до —2 мм отбирают лабораторные пробы для анализа, а остатки объединяются и составляют общую пробу, характеризующую технологическую. Остатки материала сквозных керновых проб объединяются пропорционально фактической длине рудных интервалов, вскрытых каждой скважиной.

Объединенная керновая проба направляется вместе с основной технологической пробой в организацию, обрабатывающую технологическую пробу, и используется для предварительных испытаний, а также уточнения характеристик поступившей основной технологической пробы.

Рудный материал больших технологических проб (массой от 10 до 300 т) от места их отбора должен быть доставлен на специально подготовленную (лучше забетонированную) площадку, объединен и тщательно перемешан. Крупность материала большой технологической пробы в каждом конкретном случае согласовывают с исследовательскими организациями. Если проектом работ предусмотрено измельчение или промывка руд, то дробление материала пробы исключается.

При массе пробы до 10 т материал пробы после перемешивания помещается в плотные ящики. Масса каждого ящика с материалом пробы для удобства транспортировки не должна превышать 80—100 кг. После помещения материала в ящики из каждого отбирают горстевые пробы рудного материала массой 1,5—2 кг, из которых составляют объединенную пробу массой 150—250 кг. Рудный материал объединенной пробы дробится, тщательно перемешивается, а затем делится на две части. Одна из них направляется в организацию, обрабатывающую технологическую пробу, с целью использования ее для предварительных лабораторных испытаний, другая, в качестве дубликата, хранится в разведочной партии или экспедиции до утверждения запасов по месторождению в ГКЗ СССР.

Технологическая проба массой от 300 до 2000 т после поступления на специально подготовленную площадку также предварительно обрабатывается и опробуется. Куски руды размером более 30—40 см дробятся. Рудный материал технологической пробы, поступающий на площадку в вагонетках, опробуется из вагонеток (отбирают горстевые пробы массой 4—5 кг). При массе технологической пробы до 300 т горстевые пробы отбираются из каждой вагонетки, а при массе 2000 т из каждой пятой—десятой. Из горстевых проб составляется объединенная проба массой 1—2 т, которая характеризует технологическую пробу в целом. Материал объединенной пробы измельчается до 40 мм, тщательно перемешивается и делится на две части. Одна часть направляется в исследователь-

скую организацию, а вторая служит дубликатом и хранится на месте отбора 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.

Предназначенный для большой технологической пробы рудный материал делится на две равные части, одна из которых служит непосредственно пробой, а другая — ее дубликатом. Деление пробы необходимо осуществлять в процессе транспортировки материала пробы к площадке накопления. 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, сопутствующие полезные и вредные компоненты. Контрольные пробы должны быть проанализированы до отправки технологической пробы на исследование.

Если на стадии детальной разведки можно определить источник водоснабжения будущей фабрики, то необходимо отобрать из него пробу и проанализировать ее на примеси, которые могут повлиять на технологию переработки руд, и результаты анализа сообщить в организацию, где будут исследовать руду.

Транспортировка большой (многотоннажной) технологической пробы к месту испытаний может осуществляться в самосвалах, вагонах или в специальных контейнерах в зависимости от условий и расстояния. При ее погрузке и выгрузке следует принимать все необходимые меры, исключая потерю рудного материала.

3. Документы, оформляемые при отборе технологических проб

После завершения всех работ по отбору технологических проб составляются акты, включающие объяснительные записки и паспорта на каждую пробу, которые направляются вместе с пробами в организацию, осуществляющую их испытание. В объяснительной записке даются краткое описание геологического строения месторождения, характеристика рудных тел с указанием их количества, условий залегания, протяженности по падению и простиранию, морфологии, мощности, в ней также указываются минералого-петрографический состав руд и вмещающих пород, характер контактов рудных тел с вмещающими породами, содержание золота и сопутствующих полезных и вредных компонентов. Кратко характеризуются установленные или предположительно выделенные типы или разновидности руд, их распространение в пределах границ месторождения, условия возможности раздельной отработки, доля запасов соответствующего типа руд, представленных технологическими пробами. Если в технологическую пробу включены руды разных технологических типов, требующих раздельной обработки, и кото-

рые 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-технологических условиях отработки месторождения, факторах, определяющих разубоживание руд, принятой системе разработки месторождения и т. п. В заключительной части записки указываются количество и назначение технологических проб, характеризующих различные типы руд или отдельные участки месторождения. Объяснительная записка должна сопровождаться схематическим планом месторождения, на которой нанесены рудные тела (масштаб 1:1000—1:5000), наиболее характерными разрезами и погоризонтными планами (масштаб 1:500—1:200) с вынесенными 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, указываются название месторождения, вид технологической пробы, количество пунктов опробования, технологический тип руд или участков 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 об ее транспортировке, количестве отправляемых ящиков, контейнеров и др.

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. Кроме того, в нем приводятся результаты анализов групповых проб на все попутные полезные или вредные компоненты в пределах участков, характеризующихся пробой. Необходимо приложить также схему отбора дубликата технологической пробы. Зарисовки или фотодокументы, а также описание забоев (стенок) выработок, из которых отбирался рудный материал для технологических проб, и планы опробования этих выработок с нанесением контуров рудных тел, также прилагаются к паспорту технологической пробы.

Все перечисленные документы составляются непосредственно на месторождении организацией, ведущей его разведку.

Глава 5

ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геофизические и геохимические методы применяются на всех стадиях геологоразведочных работ, а также при эксплуатации золоторудных месторождений. Широкое использование их направлено на повышение эффективности поисков и разведки путем более обоснованного и рационального размещения выработок и скважин.

Геофизические и геохимические аномалии, выявленные при картировании, поисках и разведке, обусловлены геологическими причинами, природа которых должна быть установлена при геологических исследованиях естественных и искусственных обнажений. Поэтому выяснение геологической природы геофизических и геохимических аномалий требует тесного сочетания геофизических и геохимических методов с геологическими.

Для более полного использования геофизических и геохимических данных предусматривается оперативное изучение геофизических и геохимических аномалий путем проходки горных выработок или бурения. Задержка проверки геофизических аномалий на длительный срок даже при детальных работах на рудных полях недопустима. Закрепление аномальных точек и аномальных осей на местности требует больших затрат, кроме того, найти их через два-три полевых сезона или даже через два-три месяца часто практически невозможно по ряду причин: перепахивание участка, вырубка леса и т. д. Это нередко приводит к частичному или полному уничтожению пикетов. Нахождение аномальных точек по координатам требует очень хорошей топографической основы, что также связано с дополнительными затратами средств и труда. Все оперативно проверенные аномалии обесцениваются, а средства, затраченные на геофизические и геохимические работы, не используются эффективно. Если с проверкой аномалий запаздывают, то геофизики или геохимики не могут оперативно сопоставить полученные сведения с геологическими явлениями, их обусловившими.

Кроме того, золоторудные тела и вмещающие их геологические структуры часто обладают относительно небольшими размерами, но ввиду непостоянства физических свойств пород получается большое количество аномалий, выяснить природу которых достаточно сложно. Поэтому установление характера аномалий и связи их с теми или иными геологическими явлениями эффективно только при оперативной проверке и всесторонней интерпретации.

5.1. ГЕОФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

Конечная цель применения геофизических методов при разведке месторождений золота — повышение эффективности геологоразведочных работ за счет получения информации о геологическом

строении участков, не вскрытых скважинами и горными выработками, возможности интерполяции геологических данных по материалам геофизики, а также за счет сокращения объемов горных и буровых работ. Геофизические методы рекомендуются использовать при геологоразведочных работах на рудное золото в районах средней и плохой обнаженности, где требуются значительные объемы проходки поверхностных выработок и бурения картировочных скважин. Большое значение имеют геофизические методы при разведке глубоких горизонтов золоторудных месторождений.

Применение геофизических методов основано на различии физических свойств рудных тел и вмещающих пород. Если физические параметры (электросопротивление, поляризуемость, пьезомодуль и др.) рудного тела отличаются примерно на одну четверть от параметров вмещающих пород, то его целесообразно выявлять и прослеживать с помощью методов геофизики. Величина регистрируемой аномалии зависит от соотношения размеров рудного тела и глубины его залегания. При соотношении 1:3 получаются удовлетворительные результаты, однако при глубине, превышающей в десять раз размер тела, оно не может быть обнаружено.

На каждой стадии геологоразведочного процесса задачи геофизических работ различны. Так, на стадии предварительной разведки детально изучается поверхность месторождения и составляются геологические карты масштаба 1:10 000—1:2000 в целях выявления и прослеживания рудных тел, выходящих на поверхность, определения их морфологии и размеров, а также исследования околорудных изменений, оценки возможной глубины распространения оруденения и элементов структуры, с которыми оно сопряжено.

На стадии детальной разведки геофизические методы используются для решения основной задачи — разведки месторождения на глубину. Выявляются скрытые рудные тела, прослеживаются рудные тела по падению, увязываются геологические данные, с помощью которых обосновывается подсчет запасов, осуществляется помощь в объемном картировании. Задачи геофизических работ при разведке месторождений, находящихся в эксплуатации, в основном те же, что и на стадии детальной разведки.

Комплекс методов и детальность геофизических работ зависят от геолого-геофизических характеристик месторождения, а также проектируемой детальности разведки. Целесообразно геофизические работы выполнять в предельно крупном по информативности масштабе, но с учетом технических возможностей, сроков и стоимости работ. Системы разведочных выработок зависят в основном от морфологии рудных тел (жилы, жильные зоны, штокерки, залежи и т. д.). Эффективность геофизических методов обусловлена главным образом морфологией рудных тел, а различием в физических свойствах пород и руд — количеством электропроводящих сульфидов, магнитных минералов, пьезомодулем кварца. Наибольшее число геофизических методов разработано для золоторудных объектов, представленных сульфидными телами — колчеданными и полиметаллическими жилами и залежами. Для месторож-

дений, сложенных существенно кварцевыми и малосульфидными жилами и жильными зонами, в благоприятных физико-геологических условиях можно использовать методы электро-, магниторазведки, радиометрии, пьезоэлектрического эффекта.

Ввиду многообразия типов золоторудных месторождений и геологических особенностей рудных полей требуется индивидуальный подход и определенный объем опытно-методических работ для подбора рационального комплекса геофизических методов в целях решения конкретных геологических задач.

В процессе предварительной, а нередко и детальной разведки, обычно уточняются границы рудного поля, прослеживаются по простиранию и падению элементы структуры, определяющие пространственное размещение, морфологию и условия залегания рудных тел, составляются или уточняются крупномасштабные геологические карты. Эти работы проводятся с помощью наземных геофизических методов, широко используемых на предыдущих стадиях разведки.

При детальном изучении поверхности и составлении геологических карт масштаба 1:10 000—1:2000 с помощью геофизических методов проводится: выявление и прослеживание тектонических нарушений, в первую очередь рудоконтролирующих, а также ограничивающих рудное поле и его отдельные участки; установление и прослеживание стратиграфических и магматических контактов между отдельными комплексами пород; оконтуривание площадей распространения изверженных пород различного состава; выявление и прослеживание даек; прослеживание литологических горизонтов стратифицированных толщ; оконтуривание площадей контакто- и гидротермально измененных пород.

Эти задачи в основном решаются методами магнито- и электро-разведки и различными их модификациями. Электроразведка используется для выявления и прослеживания зон тектонических нарушений, геологических контактов и картирования геологических образований, имеющих различные электрические параметры. Особенно широкое развитие получил метод электропрофилирования на постоянном или низкочастотном переменном токе. Магниторазведка используется часто при геологическом картировании рудных полей, в пределах которых развиты изверженные породы.

При детальных геофизических исследованиях поверхности большое значение имеет обнаружение и оконтуривание площадей гидротермально измененных золотоносных пород, окружающих рудные тела. Для этой цели используются различные методы; зависят они от вещественного состава измененных пород. Наличие в породах сульфидной вкрапленности позволяет успешно применять методы естественного поля, вызванной поляризации и др. Преобладание в породах кварца, гидрослюд и других минералов, обладающих относительно низкими сопротивлениями, дает возможность вести работы с помощью различных модификаций метода электропрофилирования. Во многих случаях гидротермальные изменения пород (окварцевание, березитизация, гидрослюдизация и

аргиллизация) сопровождаются уменьшением их магнитной восприимчивости, поэтому оконтуривание гидротермальных ореолов такого состава может вестись методом высокоточной магнитометрии (пониженные поля). Когда околорудные изменения сопровождаются образованием магнитных минералов (пирротина и др.), зоны околорудных изменений могут выделяться по повышенным магнитным полям.

Зонам гидротермально измененных пород часто соответствуют аномалии вызванной поляризации. Площадь и интенсивность этих аномалий иногда может быть увязана с величиной прогнозных ресурсов P_1 рудного поля (рис. 54).

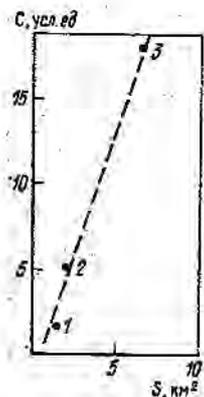


Рис. 54. Зависимость запасов золота (С) от площади (S) гидротермально измененных пород рудных полей, отличающихся повышенной поляризуемостью. Точки 1, 2, 3 на графике соответствуют месторождениям

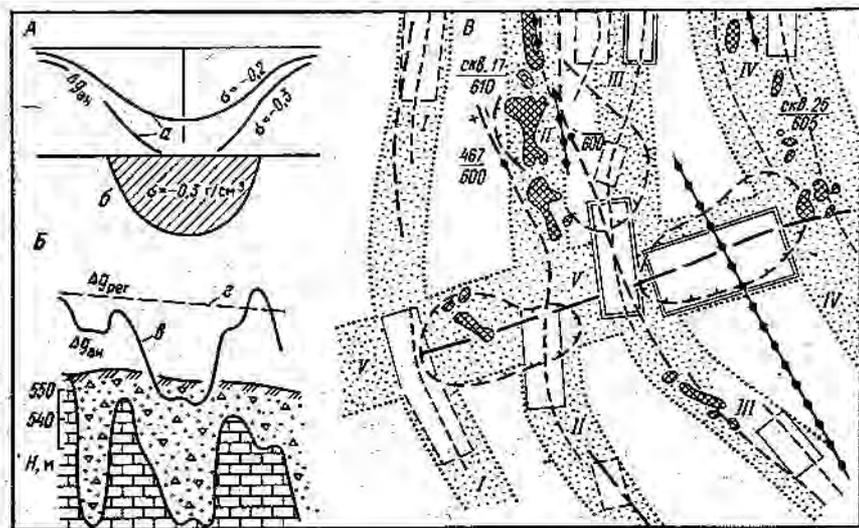


Рис. 55. Выделение рудоносных карстовых депрессий на золоторудном поле по данным гравиразведки.

А — гравитационный эффект над моделью карстовой депрессии; Б — гравитационный эффект над карстовой депрессией, установленный бурением; В — фрагмент рудного поля; а — расчетные кривые $\Delta g_{ан}$; б — объем с отрицательной плотностью σ ; в — аномальные кривые $\Delta g_{ан}$; г — кривая $\Delta g_{рег}$ регионального фона; 1 — карстовые песчано-глинистые отложения; 2 — известняки и доломиты; 3 — разломы различного порядка; 4 — контуры погребенных интрузий пониженной плотности (кислого или щелочного состава); 5 — золоторудные зоны и их номера; 6 — перспективные участки; 7 — расчетные глубины фундамента (приподнятой и опущенной частей) по гравиметрическим данным; 8 — золоторудные тела по геологическим данным; 9 — скважины (номер и глубина до фундамента); 10 — дайки

Для выявления и прослеживания рудных тел, обладающих повышенной (например, при высоком содержании барита) или пониженной плотностью, в отдельных случаях может применяться гравиразведка. С ее помощью могут быть выделены, например, рудоносные карсты, вызывающие появление отрицательных гравитационных аномалий (рис. 55).

Для выявления и прослеживания рудных тел, выходящих на поверхность, геофизические методы подбираются в зависимости от вещественного состава золотых руд — в основном от количества сульфидов. Различаются руды со значительным количеством сульфидов (более 10%), при котором рудные тела являются хорошими проводниками электрического тока, и руды, не содержащие сульфидов или содержащие их в незначительном количестве; последние часто обладают более высоким сопротивлением, чем вмещающие породы. Вместе с тем в случае приуроченности оруденения к тектоническим нарушениям рудные тела могут оказаться хорошо проводящими объектами из-за повышенной влажности пород и руд.

По физическим свойствам выделяются залежи, содержащие значительное количество высокомагнитных минералов (магнетита, пирротина), а также залежи, сложенные рудами с повышенной радиоактивностью.

Для выделения и прослеживания золоторудных тел, содержащих значительное количество сульфидов, существует большой набор методов электроразведки. На начальной стадии работ обычно используют методы естественного поля, электропрофилеирования, дипольного индуктивного профилирования и др. Электроаномалии разбраковывают с помощью пьезометода. При наличии вкрапленных сульфидных руд применяется метод вызванной поляризации.

В целях прослеживания уже вскрытых золоторудных залежей со значительным количеством сульфидов используется метод заряда. На рис. 56 показан пример использования метода заряда на переменном токе с измерением магнитного поля на одном из месторождений, сложенном горизонтальными узкими лентообразными залежами. Месторождение разведывалось линиями буровых скважин по густой сети. С помощью метода заряда, имея одну точку подсечения рудного поля скважиной или горной выработкой, была получена ось простирания рудного тела, положение которой заверялось бурением. В результате уменьшилось общее количество скважин и возросла эффективность разведки. При использовании метода заряда около 70% разведочных скважин оказывались рудными против 15% без данных геофизики. Аномальная ось, проверенная в одной-двух точках, уверенно определяла положение рудной залежи, что позволило подсчитать запасы узкими блоками вдоль аномальной оси с коэффициентом рудоносности 0,9—1,0, в то время как без применения геофизики коэффициент рудоносности был 0,3.

Кварцево-золоторудные тела с малым количеством сульфидов значительно труднее выявлять и прослеживать геофизическими ме-

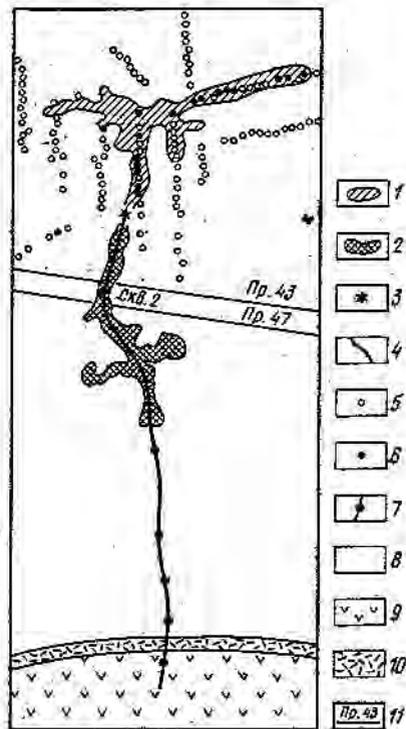
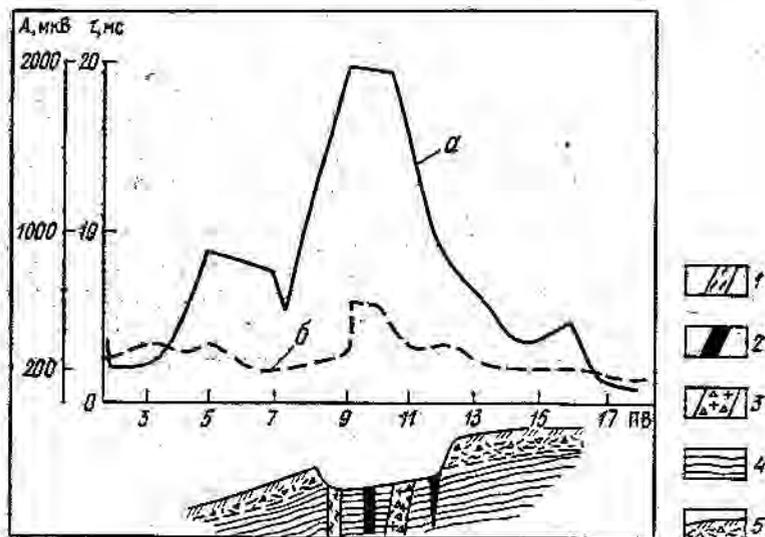


Рис. 56. Прослеживание золотосульфидной залежи методом заряда на переменном токе с измерением магнитного поля.

1 — контуры отработанных рудных тел;
 2 — то же, разведанных методом заряда;
 3 — точка заряда; 4 — ось аномалии переменного магнитного поля над сульфидной залежью; разведочные скважины: 5 — без руды, 6 — с рудой, 7 — с рудой, заданные по геофизическим данным; 8 — доломитизированные известняки и доломиты; 9 — сyenиты и монцититы; 10 — скарны; 11 — геофизические профили

Рис. 57. Кривые амплитуд *a* и длительности импульсов *b* пьезоэлектрических сигналов над рудным телом.

ПВ — пункты взрыва; 1 — зона дробления окварцевания; 2 — кварцевая жила; 3 — зона прожилкового окварцевания; 4 — алевриты; 5 — делювий



годами. С этой целью в основном используются методы электропрофилеирования в сочетании с методом пьезоэлектрического эффекта в наземном варианте (рис. 57). Пьезометод позволяет выде-

лать среди многочисленных электроаномалий аномалии, обусловленные кварцевыми жилами, обладающими повышенными значениями пьезомодуля. Глубинность пьезометода в наземном варианте 10—12 м. Для поисков и прослеживания золото-кварцевых руд в отдельных случаях можно применять сверхдлинноволное радиопрофилеирование (СДВ-радиокип).

Для выявления и прослеживания золоторудных залежей, содержащих высокомагнитные минералы, наиболее эффективна магнитноразведка. Если в рудах присутствует значительное количество пирротина, то хорошую информацию дают также методы электро-разведки, используемые при поисках сульфидных проводящих рудных тел.

При разведке коренных месторождений золота, в рудах которых отмечается повышенное содержание радиоактивных минералов целесообразны радиометрические методы.

На некоторых месторождениях золота с целью выделения рудных тел целесообразно проведение рентгенорадиометрической съемки на элементы-спутники золота, например серебро и мышьяк. Такая съемка была поставлена на месторождении, представленном золото-кварцевыми жилами в зонах дробления среди песчано-сланцевой толщи пермо-триаса (рис. 58). В центральной части месторождения рентгенорадиометрической съемкой по сети $100 \times (5 \div 2)$ м в закопашках глубиной 10—15 см с помощью прибора БРА-6 были обнаружены вторичные ореолы серебра (0,003%) и мышьяка (0,5—0,8%), приуроченные к выходам рудных тел на поверхность. Ореолы охватывают площадь минерализованных зон дробления в целом, а не только собственно рудных тел. Часть рудных тел, не содержащих мышьяковой минерализации, рентгенорадиометрической съемкой не была обнаружена.

Использование рентгенорадиометрического метода для анализа порошковых проб (рис. 59) с помощью аппаратуры «Минерал-4» позволило однозначно фиксировать в расчистке золотосодержащие интервалы с высокими значениями параметра спектральных отношений.

Для постановки геофизических работ на стадиях разведки предварительно изучают геофизические материалы, полученные на предшествующих стадиях, а также физические свойства горных пород и руд из коллекций, ранее собранных в данном районе. Это позволяет использовать имеющуюся информацию при интерпретации геофизических аномалий.

В обобщенном виде основные условия применения наземных геофизических методов (в основном на стадии предварительной разведки) приведены в табл. 11.

Эффективность геофизических работ, кроме различия в физических свойствах пород и руд, зависит также от характера рельефа местности и степени залесенности. При резко расчлененном рельефе использование геофизических методов в наземном варианте в большинстве случаев затруднительно. Густо залесенная площадь

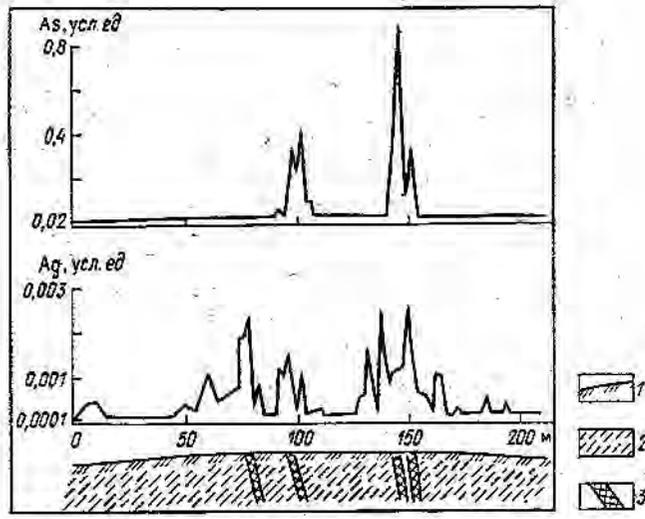


Рис. 58. Графики содержаний мышьяка и серебра в рыхлых отложениях одного из месторождений Забайкалья по данным рентгенорадиометрической съемки [34].

1 — аллювиально-делювиальные отложения; 2 — сланцы; 3 — кварцевые жилы с золотом.

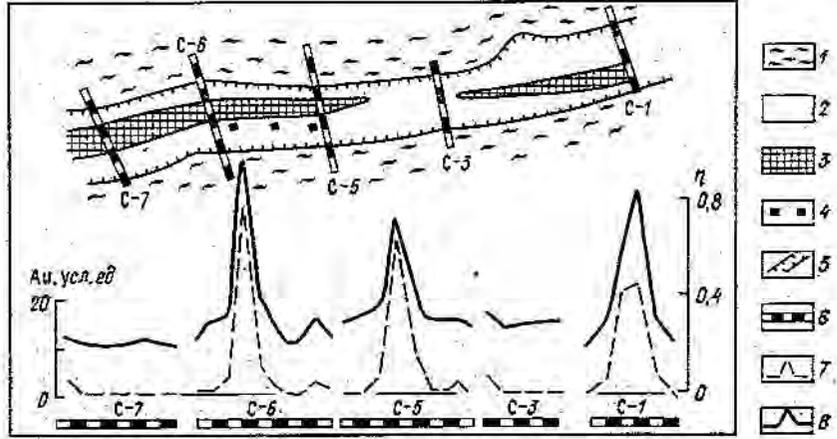


Рис. 59. Выделение золоторудных интервалов по расчистке на одном из месторождений Западного Узбекистана с помощью рентгенорадиометрического метода.

1 — кварц-сланцевые сланцы; 2 — кварц-карбонатные породы; 3 — участки метасоматического окварцевания; 4 — пиритизация; 5 — границы расчистки; 6 — сечения опробования; графики: 7 — содержания золота, 8 — параметров спектральных отношений η .

требует значительной работы по подготовке геофизических профилей.

Геофизические профили располагают соответственно через 100, 50 и 20 м при масштабе съемки 1:10 000, 1:5000 и 1:2000. Де-

Таблица II

Комплекс наземных геофизических методов, применяемый при разведке золоторудных месторождений различных типов

Решаемые задачи	Существенно кварцевый и малосульфидный тип оруденения		Сульфидный тип оруденения (сульфидов более 10%)				
	Жилы, жильные зоны	Штокерки	Залежи трубчатой и неглубокой вильной формы	Жилы, залежи (окварцеванные, пластобразные и др.)	Минералогически важные зоны	Штокерки	Залежи трубчатой и неглубокой вильной формы
Уточнение границ рудного поля, прослеживание структурных элементов, картирование в масштабах 1:10 000—1:2000 интрузивных, эффузивных, осадочных пород, даек и т. п.	+1а; 1б; 1с; 2; 6	1а; 2; 6	1а	+1а; 1б; 1с; 1д; 1е; +2; 6	+1б; 2; 1д; 1е; 4	1а; 1б; 1с; 1д; 1е; +2; 6	1а
Оконтуривание измененных околорудных пород	1а; 1б; 1с; 2	1а; 2	—	+1б; 2	—	—	—
Прослеживание вскрытых рудных тел, поиски рудных тел	+1а; 1б; 1в; +2; +3; 4	1а	—	1д; 1е; 4	+1д; 4	—	4
Выявление рудных интервалов по элементам-спутникам	—	—	—	+5	+5	—	—
Оценка возможной глубины распространения оруденения	6	—	—	+6	6; 7	—	6

Примечания. 1 — электропрофилирование (в том числе среднего градиента, СДВР и дипольного), 1б — вызванной поляризации (при наличии окрашенных сульфидов), 1г — переходных процессов или многопоточных измерений, в том числе независимой петля и дуплетной (преимущественно для золоторудных руд с хорошей электропроводностью), 1д — зареда, 1е — дипольного индуктивного профилирования; 2 — магнитотерапия; 3 — пьезоэлектрический метод (при повышенной индуктивности кварца рудных жил); 4 — радиометрия; 5 — рентгенорадиометрия; 6 — гравиразведка высокоточная (для прослеживания структурных элементов, оценки глубины распространения сплошных золоторудных тел и колчеданных руд, а также рудоносных карстов); 7 — сейсморазведка; 8 — детальная МОВ или КМПВ (при изучении структур, связанных с оруденением). Подчеркнуты наиболее перспективные методы; аналогично — соответствует перспективной методике.

тальность геофизических наблюдений по профилям зависит не только от масштаба работ, но и от характера метода. Однако, как правило, при более детальном масштабе точки наблюдений на профилях располагаются через 5—10 м, а в отдельных случаях даже через 2—3 м.

На стадии детальной разведки для детализации аномалий сеть сгущается, а длина профилей может быть уменьшена. В связи с большой стоимостью горноразведочных работ по сравнению с геофизическими, целесообразно геофизические наблюдения выполнять в предельно крупном по информативности масштабе. Увеличение масштаба следует прекращать, когда дальнейшее сгущение сети не дает дополнительной полезной информации.

Направление геофизических профилей выбирается, как правило, вкрест вероятного простирания рудных тел с учетом простирания геологических структур. В связи с тем что на рудных полях обычно развиты рудовмещающие структуры разных направлений, во многих случаях следует проводить определенный объем геофизических наблюдений по профилям, задаваемым вкрест направления основных геофизических профилей.

В процессе геофизических работ необходимо одновременно осуществлять и топографические работы для разбивки и привязки геофизической сети. Последняя обычно используется также для геохимической съемки, геологических наблюдений, привязки поверхностных горных выработок и скважин.

Шахтные и скважинные геофизические методы используются в основном на стадии детальной разведки: Каротаж обязательно применяется на всех стадиях работ. Различные виды каротажа (сопротивлений, гамма-каротаж и др.) способствуют уточнению границ и обнаружению пропущенных рудных интервалов при бескерновом бурении или низком выходе керна. Метод радиопросвечивания, индуктивные и другие скважинные методы позволяют обнаружить рудные тела в межскважинном пространстве [31].

Шахтные варианты методов пьезоэлектрического эффекта и радиопросвечивания способствуют выявлению скрытых рудных тел в пространстве между горными выработками.

Радиоволновые измерения наиболее эффективны при разведке рудных тел существенно сульфидного состава. Область «радиотени» (область распространения сульфидных рудных тел, являющихся экранами для радиоволн) соответствует сульфидным рудным телам (рис. 60, А). При разведке кварцевых жил методом радиопросвечивания в отдельных случаях можно решать задачи по увязке жильных подсечений в скважинах подземного бурения, определению простирания кварцевых жил в межвыработочном (см. рис. 60, Б) или межскважинном пространстве, а также поисков утерянных фрагментов жил.

Пьезометод — единственный прямой геофизический метод, позволяющий установить наличие кварца в рудных телах. В горных выработках обычная дальность обнаружения кварцевых жил и окварцованных зон 70—80 м. Имеются примеры обнаружения квар-

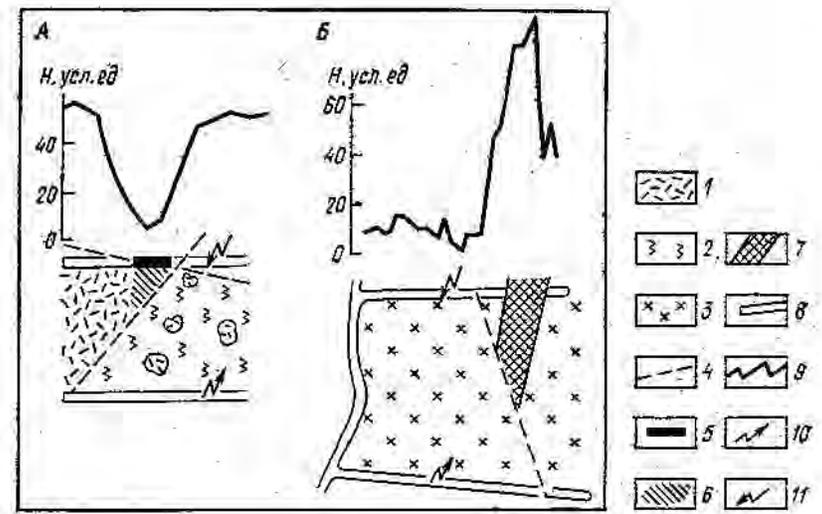


Рис. 60. Результаты радиоволновых измерений при частоте 10 МГц на золоторудных месторождениях, сложенных рудными телами существенно сульфидного (А) и кварцевого состава (Б).

1 — линзарты; 2 — гидротермальные метасоматиты; 3 — сиеито-диориты; 4 — тектонические нарушения; 5 — рудное тело по данным опробования (более электропроводное по сравнению с вмещающими породами); 6 — аномальная область, вызванная наличием экранирующего рудного тела; 7 — кварцевая жила (менее электропроводная по сравнению с вмещающими породами); 8 — горные выработки; 9 — крайние напряженности поля; 10 — радиопередатчик; 11 — радиоприемник

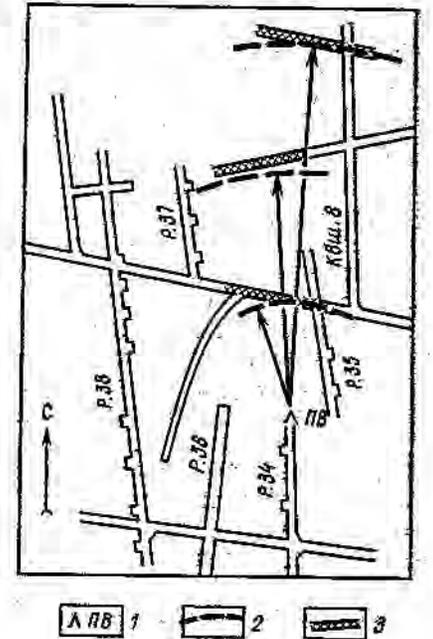


Рис. 61. Выделение рудных тел с помощью пьезометода в подземных условиях.

1 — пункт взрыва; 2 — положение тела-пьезоэлектрика; 3 — рудные тела по геологическим данным

цевых жил на расстоянии 180 м при зарядах повышенной мощности (до 8 кг взрывчатых веществ). На таких месторождениях подземные выработки проходятся с учетом данных пьезометода (рис. 61), заверенных данными бурения горизонтальных подземных скважин.

Ядерно-физические методы позволяют проводить экспресс-анализ некоторых элементов-спутников золота (например, меди, серебра) непосредственно в стенках скважин и горных выработках, что косвенно позволяет определить ценность руд.

При благоприятных условиях применение скважинных и шахтных геофизических методов может способствовать значительному сокращению объема буровых и горных работ и повышению достоверности интерполяции геологических данных, обосновывающих подсчет запасов на участках, не вскрытых разведочными выработками. При постановке скважинных и шахтных геофизических исследований выбор того или иного метода зависит так же, как и при наземных работах, от вещественного состава руд и конкретной геологической обстановки. Условия применения скважинных и шахтных геофизических методов (в основном на стадии детальной разведки) в обобщенном виде приведены в табл. 12.

В процессе эксплуатации возникает необходимость проведения разведочных работ на глубоких горизонтах для обеспечения сырьем действующих крупных горно-обогатительных предприятий.

Для подтверждения оценки прогнозных ресурсов P_1 и выявления запасов промышленных категорий требуется не только бурение глубоких скважин, но и проходка шахт глубиной примерно до 800 м. Для обоснования затрат на них необходима объективная информация о геологическом строении глубоких горизонтов, получить которую можно не только на основании экстраполяции геологических данных с поверхности, но и главным образом по материалам геофизики, а также путем изучения первичных ореолов золота и сопутствующих компонентов.

С помощью методов геофизики можно дополнительно узнать ряд сведений: глубину продолжения крупных тектонических нарушений — рудовмещающих, рудоконтролирующих, рудоограничивающих; наличие ярусности в строении рудного поля и вертикальном диапазоне отдельных ярусов; характер контактов, форму и глубину залегания интрузивных тел или покровов вулканитов; блоковое строение рудного поля и, в частности, его фундамента при наличии ярусного строения; возможное поведение промышленного оруденения на глубину.

Эти данные могут быть получены в результате совокупного анализа геофизических материалов, полученных в процессе воздушных геофизических съемок, наземных геофизических работ и скважинных или шахтных геофизических методов (последние являются основными). Для решения вопросов глубинного строения может потребоваться проведение дополнительного объема геофизических работ. Как правило, они требуют значительных затрат и поэтому постановка их должна быть геологически обоснована.

При глубинных исследованиях целесообразно использование методов гравитационной и сейсмической разведки, позволяющих получить более ценную и полную информацию о глубинном геологическом строении. Кроме того, в отдельных случаях можно применять магнитную и электроразведку (частотное электротомографирование).

Таблица 12

Комплекс шахтных и скважинных геофизических методов, применяемых при разведке месторождений

Решаемые задачи	Геофизические методы и дальность их действия, м	Осложнения и помехи
<i>Существенно кварцевый и малосульфидный тип оруденения</i>		
Поиски и прослеживание рудных тел между скважинами и горными выработками, оценка размеров и пространственного положения рудных тел	Пьезоэлектрический; 50—80 м	Низкая пьезоактивность рудных жил, наличие непромышленных жил и окварцованных пород
Выделение кварцевых жил и окварцованных зон в разрезе скважин, корреляция рудных тел между скважинами	Каротаж сопротивлений, гамма-каротаж	
Корреляция рудных тел между горными выработками и скважинами	Радиопросвечивание — радиоволновой метод ВЭМК; до 150 м Метод электрической корреляции на постоянном токе; до 800 м	Наличие пластов высокоомных пород Менее определенная форма аномалий по сравнению с ВЭМК
<i>Сульфидный тип оруденения (сульфидов более 10 %)</i>		
Прослеживание рудных тел между скважинами и горными выработками, оценка размеров и пространственного положения рудных тел, выделение области уменьшенной мощности рудных тел. Выделение рудных зон низкого электросопротивления в разрезе скважин, корреляция рудных тел между горными выработками и скважинами	Радиопросвечивание; 100—400 м	Малые размеры промышленных участков
Корреляция рудных тел между горными выработками и скважинами	Каротаж сопротивлений, токовый каротаж	Зоны дробления, графитизации, пиритизации
Прослеживание рудных тел на поверхности	Метод электрической корреляции; до 800 м Метод заряда на постоянном и переменном токе; 200—600 м	То же
Выделение рудных участков в скважинах и горных выработках, определение общего объема оруденения	Метод естественного электрического поля; 150—200 м	Зоны дробления, графитизации, пиритизации; малые размеры рудных тел
Выделение интервалов вкрапленных руд	Метод вызванной поляризации; 50—100 м	Графитизация, углефикация и сильная пиритизация вмещающих пород
Оценка размеров сульфидных рудных тел, встреченных скважиной; поиски рудных тел в окрестностях скважин	Многочастотный индуктивный метод	То же Повышенные сопротивления руд

5.2. ГЕОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ

При разведке золоторудных месторождений из геохимических методов главная роль принадлежит изучению первичных ореолов. Первоначальные сведения о строении и размерах ореолов должны быть получены до передачи объекта в разведку на стадиях поисковых и поисково-оценочных работ. Использование этих данных в сочетании с геолого-структурными помогает целенаправленно вести разведочные работы. Если геохимические работы не были проведены, то они должны быть выполнены с опережением горных и буровых работ.

Для изучения ореолов месторождения осуществляются геохимические работы в масштабе 1 : 10 000 с расстоянием между профилями 100 м и опробованием коренных пород или валунно-щебнистой составляющей элювиально-делювиальных отложений с интервалом 10—20 м. В закрытых районах рекомендуется вскрывать коренные породы неглубокими скважинами. В результате должны быть составлены карты моноэлементных и мультипликативных ореолов, получены значения коэффициентов зональности, позволяющие судить об уровне эрозионного среза оруденения. Выявленные в процессе этих работ строение и морфология ореолов должны обязательно учитываться при проходке разведочных выработок.

На стадии предварительной разведки геохимические методы могут быть использованы для решения следующих задач:

прослеживания рудовмещающих структур и выяснения их морфологии, параметров и элементов залегания; определения уровня эрозионного среза рудных тел; оценки глубоких горизонтов и флангов месторождения; поисков скрытого оруденения.

Решение этих задач возможно лишь при планомерных геохимических исследованиях и их тесной увязке с геофизическими, геолого-структурными и минералогическими исследованиями.

Геохимическое опробование следует проводить по всем имеющимся горным выработками и скважинам, пересекающим рудные тела вкрест простирания. Средний интервал опробования для большинства типов золотого оруденения 3—5 м, для штокверкового типа он может быть увеличен до 10 м. На участках проявления прожилковой и жильной минерализации, зон тектонических нарушений и гидротермального изменения пород интервал опробования необходимо уменьшить в соответствии с мощностью этих образований. Пробы отбираются методом пунктирной борозды из вмещающих пород и рудных тел и включают 8—10 мелких сколков пород, равномерно отобранных со всего интервала. Масса пробы составляет в среднем 300 г, а после дробления, истирания и квартования — 50—100 г. Пробы анализируются преимущественно высокопроизводительными экспрессными методами: приближенно-количественным спектральным, атомно-абсорбционным, нейтронно-активационным и др. Основной метод приближенно-количественного анализа (на 40 элементов) — метод вдувания порошка пробы

в зону разряда дуги трехфазного тока с использованием спектрографа ДФС-13. Для определения содержащих золота используется спектрозолотометрический метод с предварительным химико-сорбционным обогащением; мышьяка и сурьмы — двухдуговой метод из камерных электродов, ртути — ртутно-абсорбционный. Для получения достоверных данных о содержаниях ртути необходимо все пробы, отобранные в подземных горных выработках, промыть водой для избавления от «техногенной» ртути, которая появляется при взрывных работах из-за использования детонаторов с гремучей ртутью. Кроме того, при долгом хранении дробленых, особенно истертых проб, содержание в них ртути может уравниваться ввиду ее высокой летучести, поэтому анализ на ртуть должен проводиться в первую очередь.

Для расчета погрешности анализа выполняют контрольное опробование по участкам, где выявленные геохимические аномалии плохо увязываются с геологическими данными или же где наблюдается противоположная картина — визуально наблюдаемая рудная минерализация не сопровождается геохимической аномалией. Систематическая ошибка логарифмов концентраций вычисляется по формуле

$$\Delta_{\text{сист}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{c_{i_1}}{c_{i_2}},$$

где n — число пар контрольных проб (не менее 100); c_{i_1} и c_{i_2} — концентрация элементов в пробе соответственно по первичному и контрольному опробованию.

Систематическое относительное расхождение концентраций определяется по антилогарифму систематической ошибки $S_{\text{сист}} = 10^{\Delta_{\text{сист}}}$. Эта величина не должна быть более 1,1. В противном случае $\Delta_{\text{сист}}$ алгебраически вычитают из всех $\lg c_{i_1}$. При отсутствии существенного систематического расхождения вычисляют среднюю случайную ошибку логарифмов концентраций

$$\Delta_{\text{случ}} = \frac{1}{\sqrt{2}n} \sum_{i=1}^n \lg \frac{c_{\text{большее}}}{c_{\text{меньшее}}}.$$

Ее антилогарифм дает случайное среднее относительное отклонение концентраций $S_{\text{случ}} = 10^{\Delta_{\text{случ}}}$. Эта величина не должна превышать двух, иначе работа забраковывается.

Первоначально для определения комплекса ореолообразующих элементов и их фоновых концентраций проводится приближенно-количественный спектральный анализ проб, отобранных из неизмененных вмещающих пород на значительном удалении от рудных зон и условно относимых к фоновым. Из каждой разновидности пород и из рудных тел анализируют по 15—20 проб. После сопоставления анализов фоновых и рудных проб определяется комплекс анализируемых в дальнейшем элементов. К ореолообразующим относят элементы, накапливающиеся в рудном теле или подвергшиеся выщелачиванию из него. Обычно это не менее 15—

20 элементов, наиболее типичных для золоторудных месторождений (Au, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Cu, Bi, Sn, Mo, W, Mn, Hg, Co, Ni и др.). Помимо ореолов рудогенных элементов, рекомендуется также изучать ореолы петрогенных элементов (K, Na, Ti и др.) как положительные, так и отрицательные. Известно, что они связаны с предрудным метасоматозом и помогают выявлять зоны рудоносных метасоматитов.

Статистическая обработка результатов спектрального анализа, необходимая для построения моноэлементных ореолов, заключается в определении в фоновых выборках минимально-аномальных содержаний и дисперсий по стандартной методике. Невысокая чувствительность приближенно-количественного спектрального анализа не позволяет устанавливать фоновые концентрации некоторых элементов (Au, As, Sb, Hg и др.), поэтому оконтуривание ореолов проводят по изоконцентрациям, кратным 3 или 10 (3, 10, 30 или же 10, 100, 1000).

Элементный состав ореолов зависит от минерального состава руд и характеризуется элементами, входящими в состав рудных минералов. Существенную роль в ореолах играют также элементы, которые не образуют собственных минеральных форм и встречаются в виде примесей в жильных, рудных и породообразующих минералах; к ним относятся Co, Ni, Cd, Ba, Mo и др. В целом для разных золоторудных месторождений наблюдается очень близкий по составу набор ореолообразующих элементов. Различие заключается в количественных соотношениях между ними.

Главная роль принадлежит элементам, типоморфным для данного минерального типа оруденения. Эти элементы выявляют в процессе дальнейшей статистической обработки с помощью корреляционного и факторного анализов и кларка концентрации — среднеаномального содержания, ранжированного по фону.

К типоморфным относят элементы, которые имеют максимальные значения кларков концентрации и наиболее тесные положительные корреляционные связи между собой. Типоморфные элементы образуют наиболее интенсивные ореолы вокруг рудовмещающих структур и могут быть использованы для их прослеживания как в моноэлементном, так и в мультипликативном варианте. Мультипликативные ореолы, представляющие собой произведение содержаний типоморфных элементов, наиболее эффективны при прослеживании рудных тел, не имеющих четких геологических границ (метасоматические линзы и залежи). По максимальным значениям мультипликативного показателя могут быть определены контуры рудоносных участков и скорректировано направление разведочных выработок.

В связи с тем что ореолы в подавляющем большинстве случаев повторяют форму рудных тел, их размеры, строение и морфология позволяют судить о структурно-морфологическом типе оруденения (жилы, жильные зоны, штокверки, метасоматические залежи). Наиболее мощные, интенсивные и протяженные ореолы формируются вокруг штокверков и крупных залежей. Более узкие, линейно-

вытянутые ореолы сопровождают жилы, в несколько раз превышая их по мощности. Жильные зоны окаймляются значительно более широкими и протяженными ореолами, чем жилы.

Полученные в результате предварительной разведки сведения о размерах и интенсивности ореолов позволяют с некоторой долей условности оценить параметры рудных тел. На одном из золото-серебряных месторождений отмечалось четкое соответствие ширины и интенсивности ореолов главных рудогенных элементов (Au, Ag, Pb, Zn, Cu) параметрам и морфологии рудных тел. Наиболее выдержанные по простиранию ореолы, мощность которых превышает 100 м, сопровождают штокверкоподобные рудные зоны мощностью 10—20 м, в то время как маломощным (0,5—1, реже 2 м) рудным жилам соответствуют ореолы мощностью 10—15 м и значительно меньшей протяженности. Увеличение ширины и интенсивности ореолов большинства элементов-индикаторов фиксируется вблизи рудных столбов, локализованных на участках сопряжения рудных зон разного направления.

Прямая зависимость размеров ореолов от масштабов оруденения отмечается на многих золоторудных месторождениях. На месторождениях жильного типа первичные ореолы достигают максимальной ширины на уровне зоны оптимального оруденения и непосредственно над нею: ширина ореолов 100—200 м вокруг отдельных рудных тел и 800—1000 м для совокупности жил. Чем крупнее месторождение, тем больше площадь ореола золота, а также его среднее содержание и дисперсия. По данным Н. В. и Н. А. Росляковых [36], площадь ореола золота крупных месторождений составляет 10 км², средних 5 км², мелких 1—2 км². Среднее содержание золота в ореоле зависит, помимо масштаба оруденения, от морфологического типа рудного тела: для жильного типа среднее содержание золота 20, 80, 125 мг/т; для штокверкового 350 мг/т; прожилково-вкрапленного 140—210 мг/т; для линз и залежей 300 мг/т.

По строению ореолов могут быть определены элементы залегания рудного тела. Для этой цели можно использовать поперечную зональность ореолов, которая характеризуется различием в ширине ореолов вкrest простирания рудного тела. Для наклонных рудных тел поперечная зональность будет асимметричной со смещением ореолов верхнерудных элементов в сторону висячего бока. Вертикальные и крутопадающие рудные тела имеют симметричную поперечную зональность.

Наиболее важная в практическом отношении особенность строения ореолов — их вертикальная зональность, которая может быть использована для оценки глубоких горизонтов, флангов месторождения, определения уровня эрозионного среза рудных тел и поисков скрытого оруденения. Имеется несколько методов определения зональности ореолов.

По методике, разработанной С. В. Григоряном, вертикальная зональность устанавливается по изменению с глубиной ширины и интенсивности ореолов. Для изучения зональности выбирается

Таблица 13

Линейные продуктивности (в метропроцентах), показатели зональности и ряд вертикальной зональности

Элементы	Линейная продуктивность			Коэффициент нормирования	Нормированные линейные продуктивности			Показатели зональности		
	I*	II	III		I	II	III	I	II	III
Au	0,01	0,009	Не обн.	10 000	100	90	—	0,03	0,05	—
Ag	9,6	3,8	0,7	100	960	380	70	0,3**	0,2	0,03
As	2,5	0,6	3,5	100	250	60	350	0,08	0,04	0,2
Sb	5,4	1,1	0,2	100	540	110	20	0,18	0,07	0,01
Pb	241	173	105	1	241	173	105	0,08	0,1	0,06
Zn	266	138	188	1	266	138	188	0,08	0,08	0,1
Cu	128	84	8	1	128	84	8	0,04	0,05	0,005
Co	0,18	0,25	0,28	1 000	180	250	280	0,06	0,15	0,17
Ni	0,2	0,1	0,4	1 000	200	100	400	0,07	0,06	0,2
Mo	0,2	2,7	1,2	100	20	270	120	0,007	0,15	0,07
W	0,04	0,1	1,2	100	4	10	120	0,001	0,006	0,07
Сумма					2888	1666	1682			

Ряд вертикальной зональности Ag, Sb—Au, Cu, Pb, Mo—Zn, As, Co, Ni, W

* I—III—уровни оруденения.

** Подчеркнуты максимальные значения показателя зональности для каждого элемента.

рудное тело с окаймляющими его ореолами, наиболее полно вскрытое подземными горными выработками или скважинами. На разных по падению рудного тела уровнях подсчитывается линейная продуктивность всех ореолообразующих элементов в метропроцентах, которая нормируется по максимальному значению. Нормированные линейные продуктивности суммируются на каждом уровне. Отношение продуктивности одного элемента к сумме продуктивностей всех элементов является показателем зональности этого элемента. По максимальным для каждого элемента показателям зональности, показывающим, на каком уровне происходит относительное накопление этого элемента, составляется ряд зональности (табл. 13).

По методике А. П. Соловова проводится подсчет парных отношений элементов на разных уровнях оруденения, составление графиков изменения отношений с глубиной и выявление центров тяжести этих отношений в метрике уровней, на основании которых составляется ряд вертикальной зональности. На кафедре геохимии

Таблица 14

Ориентировочные ряды вертикальной зональности геохимических ореолов золоторудных месторождений

Рудная формация	Минеральный тип	Ряды зональности (сверху вниз)
Золото-серебряная	Серебро-аргентитовый	Au, Ag, Sb, Cu—Pb, Cd, Zn—As, Co, Ni, Mo, W
	Пирит-арсенопиритовый	а) Ag—Pb—Mn—Zn—Au—Cu—Mo—W—As б) Ag—As—Au, Zn—Cu—Mo—Pb—Sb
Золото-кварцевая	Пирит-аргентитовый	Hg—As—Cu—Ag—Au—Mo—Pb
	Пирит-шираргиритовый	Cu—Hg, As, Pb—Ag, Au
Золото-кварц-сульфидная	Золото-пиритовый	а) Au—Ag—Pb—Zn—As—Sb—W—Ni, Co—Be—Cu—Sn—Mo б) As ₁ —Sb—Ag—Pb—Zn—Cu, Bi, Au—As ₂ —Mo в) В—Ba—Ga—As—Ag ₁ —Pb—Zn—Cu—Ag ₂ —Au
	Тетраэдрит-теллуридовый	Hg—As—Zn—Cu—Au
Золото-кварц-сульфидная	Сульфидно-теллуридовый	Hg—Ba—Ag ₁ ; Au ₁ —Pb—Zn—Cu—Ag ₂ ; Au ₂ ; As—Mo—Co, Ni—Sn—Be
	Золото-арсенопиритовый	Ag, Pb, Sb, Be—Bi—As, Au, Cu, Sn—W
Золото-сульфидная	Галенит-сфалеритовый	Pb, Ag, Sb—As—Au—Zn—Mo—Cu—Sn—W, Be, Co, Ni
	Пирит-арсенопиритовый	а) Pb, Ag, Zn, Sb, As—Cu, Bi, Au б) Hg—Cu—As, Ag—Pb, Sb, Bi, Au—Mo, Co, W
Золото-сульфидная	Пирит-арсенопиритовый	а) Ag ₁ , Pb, Zn, Cu—As—Bi—Au, Ag ₂ ; Co, Mo, W б) Ag—Ba—Cu—Sb, Zn—As—Au—Pb, W в) Sb—Ag—Pb, Zn—Cu, Au, Bi, As—Ni, Co, Mo, W, Sn
	Пирит-гематитовый	Ag—Pb—Cu—Au—Zn, Mo, Co, Ni, W
Золото-сульфидная	Золото-антимонитовый	W—As—Au—Mo—Ga—Sb—Zn—Bi—Sn—Pb—Co—Ag—Cu
	Золото-барит-полиметаллический	Ag—Sb, Ba, Au—Pb, Zn, As, Cu—Co, Mn, Mo

МГУ под руководством А. П. Соловова разработана программа «064-МГУ», по которой обрабатываются аналитические данные.

Сравнение рядов вертикальной зональности ореолов золоторудных месторождений разных минеральных типов (табл. 14) позволяет выявить существенные различия в положении многих элементов и в первую очередь золота. На золото-серебряных месторождениях золото по мере увеличения содержания серебра в рудах и уменьшения золото-серебряного отношения располагается в ряду

вертикальной зональности ореолов на все более высоком гипсо-метрическом уровне.

Важным фактором, определяющим относительный уровень накопления золота в ореолах жильных золоторудных месторождений, является температура образования руд [28]. На низкотемпературных месторождениях золото фиксируется обычно на верхнерудном уровне, смещаясь в сторону подрудного по мере увеличения температуры образования руд. Резко изменяется положение в рядах зональности таких элементов, как свинец, цинк, мышьяк, медь — элементов-индикаторов золотого и золото-серебряного оруденения. Одна из причин этого — наличие разных минеральных форм нахождения элементов (сульфиды, сульфосоли, окислы, самородные элементы, изоморфные примеси в рудных и жильных минералах). Существенное значение имеет также глубина образования месторождений. На близповерхностных месторождениях свинец и цинк обычно относятся к нижнерудным элементам, в то время как с увеличением температуры и глубины формирования руд эти элементы смещаются в сторону верхнерудных.

Ряды зональности ореолов, фиксирующие зональность отложения рудного вещества часто могут искажаться за счет проявления стадийной и этапной зональности. В связи с тем что на многих золоторудных месторождениях гидротермальный процесс протекал многостадийно и руды часто носят телескопированный характер, положение элементов в рядах зональности может быть обусловлено комплексом всех перечисленных факторов. Для правильной интерпретации ореолов телескопированного оруденения необходимо анализировать корреляционные связи между элементами, а также данные минералогических исследований. Элементы, типичные для определенных уровней ореолов и характеризующие зональность отложения, обычно коррелируют между собой.

На некоторых месторождениях на верхнерудном уровне наблюдаются положительные корреляционные связи у золота и серебра с медью и сурьмой, на нижнерудном уровне — со свинцом и цинком, а на подрудном — с кобальтом, молибденом и вольфрамом. Появление интенсивных ореолов молибдена и вольфрама свидетельствует о выклинивании золото-серебряного оруденения. В то же время в рудах помимо промышленной золото-серебряной наблюдается проявление послепродуктивной редкометальной минерализации (касситерит, шешлит, молибденит), в основном встречающейся на глубоких горизонтах месторождения в апикальной части гранитоидного массива в связи с грейзеновыми образованиями. На отдельных тектонически ослабленных участках рудных зон ореолы редкометальной минерализации фиксируются и на верхнерудных уровнях. В частности, на одном из золото-серебряных месторождений на северном фланге рудной зоны на верхних горизонтах штольни установлены интенсивные ореолы молибдена и вольфрама, типичных подрудных элементов, что могло служить признаком глубокой эродированности рудной зоны на этом участке. Однако на том же уровне были установлены ореолы коррели-

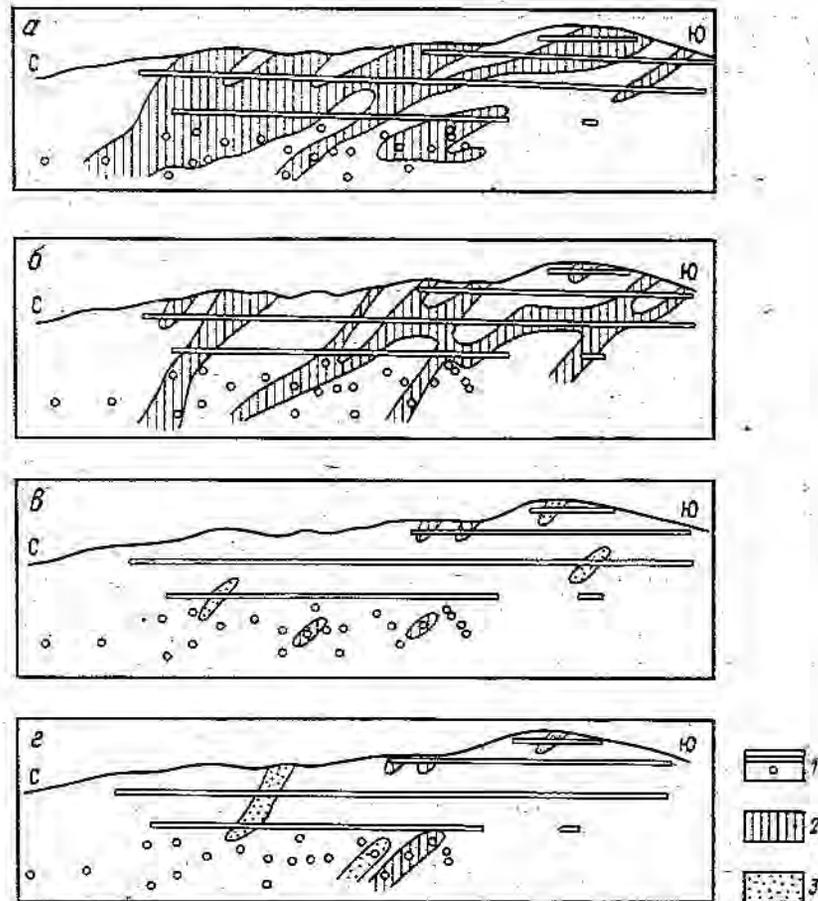


Рис. 62. Проекция рудной зоны на вертикальную плоскость с распределением корреляционных связей между серебром и медью (а), золотом и сурьмой (б), серебром и вольфрамом (в), серебром и молибденом (г).

1 — горные выработки, по данным которых рассчитан коэффициент равнотной корреляции; области значимой корреляции элементов: 2 — положительной, 3 — отрицательной

рующихся между собой верхнерудных элементов — ртути, сурьмы, меди, золота, серебра, в то время как у молибдена и вольфрама отсутствовали корреляционные связи с золотом, серебром, свинцом, цинком, медью (рис. 62 и 63). На проекции рудной зоны на вертикальную плоскость показаны ореолы элементов, суммированные по кварцлажным выработкам, и околтурены области значимых корреляционных связей между элементами. Эти данные в сочетании с минералогическими признаками (наличие высокотемпературной грейзеновой минерализации) позволили пренебречь интенсивными ореолами молибдена и вольфрама и положительно оценить перспективы глубоких горизонтов северного фланга рудной зоны.

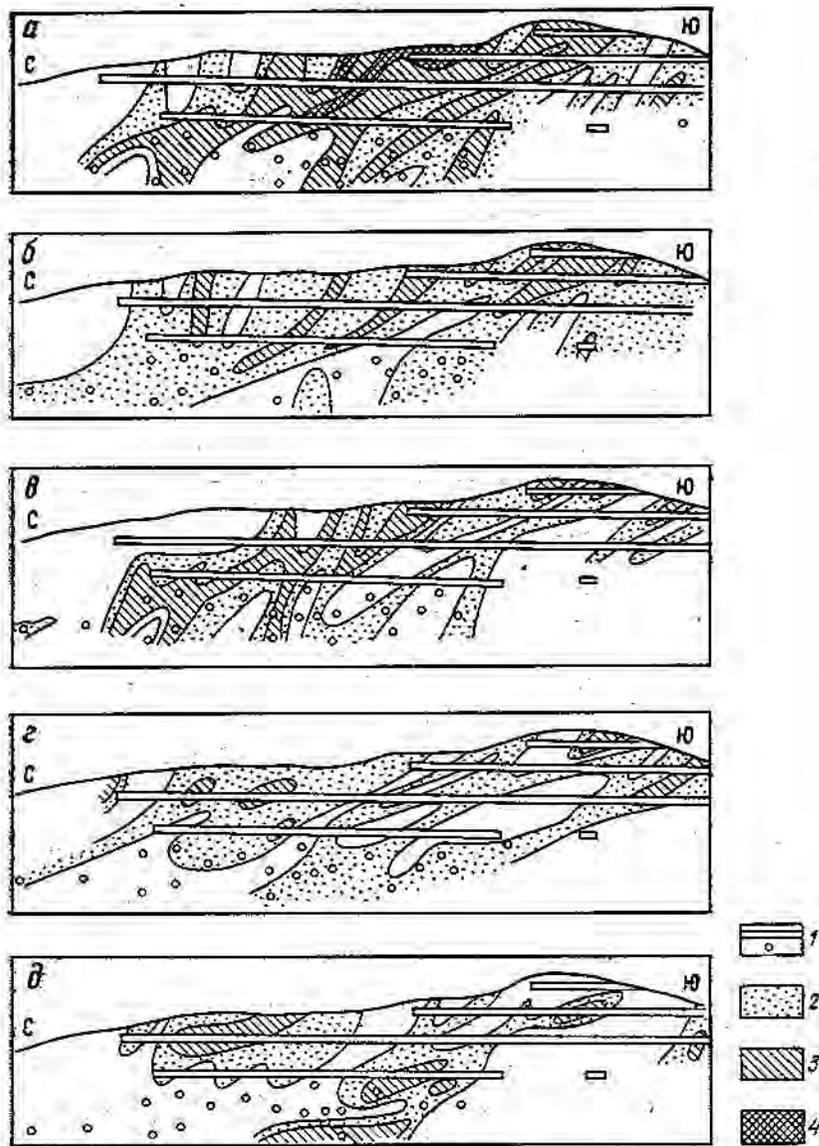


Рис. 63. Проекция рудной зоны на вертикальную плоскость. Первичные ореолы серебра (а), сурьмы (б), меди (в), молибдена (г), вольфрама (д); 1 — опробование штольни и скважины; 2—4 — геохимические ореолы от слабых к интенсивным

В результате бурения на глубине был вскрыт богатый рудный столб.

Аналогичные ситуации можно ожидать и на других золоторудных месторождениях, где наблюдается высокотемпературная редкометалльная минерализация.

Ввиду неоднозначности положения элементов-индикаторов в ряду вертикальной зональности ореолов для месторождений даже одной рудной формации вертикальную зональность необходимо устанавливать на каждом разведанном объекте. Изучение геохимической зональности должно проводиться в комплексе с минералогическими исследованиями, включающими изучение вещественного состава руд и последовательности их формирования, и сопровождаться анализом корреляционных связей между элементами.

В последние годы применяется методика прогнозной оценки оруденения с помощью мультипликативных показателей [9]. На основе рядов вертикальной зональности выбирают элементы, наиболее типичные для верхнерудных и подрудных уровней ореолов. Отношение произведений содержаний верхнерудных элементов к подрудным позволяет количественно оценивать вертикальную зональность и именуется коэффициентом зональности K_z . На золоторудных месторождениях, где были изучены первичные геохимические ореолы и определена их зональность, K_z использовался для оценки уровня эрозионного среза рудных тел, прогнозной оценки глубоких горизонтов и флангов месторождения в целом.

На одном из золото-серебряных месторождений величина K_z $Ag \cdot Sb \cdot Cu / Co \cdot Mo \cdot W$ (числитель) и $Ag \cdot Sb \cdot Cu / Co \cdot Mo \cdot W$ (знаменатель) увеличивается от подрудных к верхнерудным уровням оруденения на несколько порядков.

Уровни	K_z
Верхнерудный	104/707473
Среднерудный	284/77012
Нижнерудный	1,1/4022
Подрудный	0,16/76

Рудные зоны, локализованные в долгоживущих структурах глубокого заложения, имеют значительно больший вертикальный интервал оруденения, чем жилы, что находит отражение в градиенте K_z . Небольшому размаху оруденения соответствует высокий градиент K_z (четыре—шесть порядков на 200 м), а оруденение, имеющее значительную протяженность по падению, характеризуется более низким градиентом K_z (три—четыре порядка на 400 м). Распределение величин K_z в плоскости разрезов, пересекающих месторождение вкрест простирания рудоносных структур, позволяет оконтурить область распространения золото-серебряного оруденения и выявить целый ряд новых участков, характеризующихся высокими значениями K_z и перспективных на золото-серебряное оруденение (рис. 64).

Для многих золоторудных месторождений типично многоярусное строение рудоносных структур с кулисообразным или четковидным расположением рудных тел по падению. В таких случаях использование K_z может привести к ошибочному представлению о перспективах рудоносной структуры в целом, так как каждое рудное гнездо характеризуется контрастным проявлением геохимической зональности, и глубокий эрозионный срез выходящего на поверхность рудного гнезда фиксируется значениями K_z , соответ-

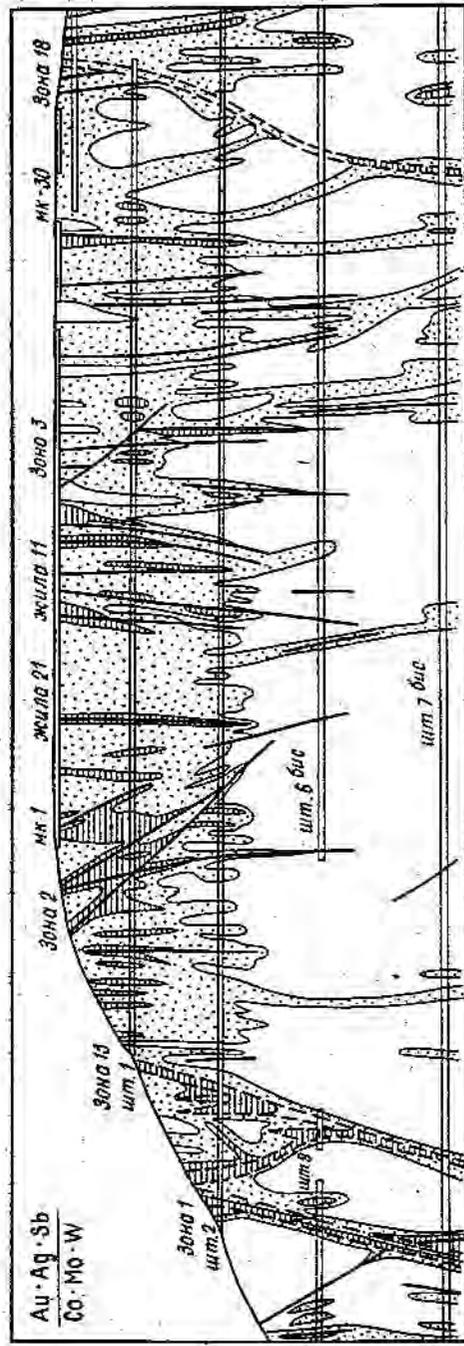


Рис. 64. Коэффициент зональности. Разрез через центральную часть месторождения.
 1 — рудные жилы (а) и зоны (б); 2 — опробованные выработки; коэффициент зональности: 3 — 0,01—0,9, 4 — 1 и более

ствующими нижнерудному уровню, что приводит к отрицательной оценке рудной зоны, которая на самом деле слабо эродирована и содержит на глубине серию четковидных рудных тел. Для более достоверной оценки уровня эрозионного среза подобных зон привлекаются элементы, строение ореолов которых определяется процессами прерудного метасоматоза.

На золото-арсенопиритовом месторождении золото-кварц-сульфидной формации, расположенном в перивулканической зоне, Г. Я. Абрамсоном было установлено, что Co, Ni, Mn, Ti и некоторые другие элементы образуют ореолы выщелачивания из рудных зон, причем с глубиной за пределами этих зон концентрации увеличиваются. Предложен K_z , представляющей собой произведение содержаний Co, Ni, Mn, величина которого увеличивается на глубине 500 м в сотни тысяч раз и позволяет оценить уровень эрозионного среза рудной зоны в целом независимо от положения в ней отдельных рудных гнезд.

Глубокие горизонты и фланги месторождения оцениваются на основе геохимического опробования горных выработок и скважин, пробуренных на флангах или вскрывающих глубокие горизонты. В связи с тем что размеры ореолов значительно превышают размеры рудных тел, которые они сопровождают, в том числе в надрудной части по восстанию рудоносной структуры, геохимическое опробование позволяет выявить ореолы, связанные с рудными телами, залегающими рядом или глубже разведанных. Признаками скрытого оруденения являются ореолы взаимокоррелирующихся верхне- или надрудных элементов с соответствующим этому уровню значением K_z . Таким образом, изучение первичных ореолов существенно увеличивает радиус действия разведочных выработок.

В случае кулисообразного или четковидного расположения оруденения по падению, которое приводит к наложению надрудных ореолов залегающего на глубине скрытого оруденения на нижнерудные ореолы вскрытого рудного тела, необходимо обращать внимание на усиление ореолов надрудных элементов на глубине как в пределах известных рудных структур, так и в междурудном пространстве. Значение K_z на этих участках может не соответствовать надрудному уровню из-за большей доли нижнерудных элементов. Для увеличения контрастности ореолов рекомендуется использовать мультипликативные ореолы надрудных элементов в сочетании с главными рудогенными (типоморфными для данного типа оруденения). При этом совпадение ореолов надрудных и типоморфных элементов будет указывать на субвертикальное падение скрытого оруденения; смещение мультипликативных ореолов надрудных элементов по отношению к типоморфным, характерное для наклонного залегания рудного тела, происходит в направлении висячего бока скрытого оруденения.

На некоторых золоторудных месторождениях отмечалось образование полиформационных ореолов, сопровождающих разные по составу типы оруденения. На глубоких горизонтах одного из золото-серебряных месторождений ниже его продуктивной части были

установлены интенсивные ореолы бария, образующего «шапку» над мощной (свыше 500 м шириной) комплексной аномалией. По кларкам концентрации была установлена типоморфная геохимическая ассоциация (Zn, Pb, As, Ag), характерная для серебро-полиметаллического оруденения, в то время как для золото-серебряного оруденения, расположенного на верхних горизонтах, типоморфны Ag, Au, Cu, Pb, Zn. Образование полиформационных ореолов, сопровождающих разные по составу типы оруденения, привело к нарушению вертикальной зональности, корреляционных связей между элементами, появлению двух максимумов содержаний у Pb и Zn. Для расшифровки полиформационных ореолов были привлечены данные по составу метасоматитов и жильно-прожилковой минерализации. На рассматриваемом месторождении на глубоких горизонтах было обнаружено широкое развитие послепродуктивной прожилково-вкрапленной полиметаллической минерализации, локализованной в эпидот-хлорит-карбонатных прожилитах, в отличие от золото-серебряных рудных жил, приуроченных к более низкотемпературной фации прожилков (гидрослюдисто-хлорит-кварцевой).

Таким образом, при поисках скрытого оруденения в первую очередь необходимо установить минерально-геохимический тип оруденения, предполагаемого по обнаруженной аномалии, учитывая возможность образования полиформационных ореолов. Для этого по кларкам концентрации и корреляционным связям элементов выявляют типоморфную геохимическую ассоциацию. В случае появления аномалий, связанных с другим типом оруденения, для определения уровня его эрозионного среза привлекают сведения по вертикальной зональности месторождений, аналогичных по составу и геолого-структурным условиям.

При детальной разведке сохраняется необходимость в решении с помощью геохимических методов тех же задач, что и при предварительной разведке, только с более высокой степенью достоверности. Это обусловлено необходимостью детального изучения и разведки рудных тел с целью подсчета запасов по промышленным категориям при наличии достаточно плотной сети горных выработок и скважин: определение уровня эрозионного среза рудных тел, оценка глубоких горизонтов и флангов месторождения, поиски скрытого оруденения. Кроме того, геохимические методы помогают при решении ряда новых задач: ревизии ранее проведенных геологоразведочных работ; увязке рудных пересечений; выявлении рудных столбов и определении склонов оруденения; проверке на безрудность территории проектируемого капитального строительства и основных транспортных путей.

На многих месторождениях, прошедших стадию предварительной разведки, геохимические исследования ранее не проводились, и при необходимости переоценки этих объектов оперативное изучение первичных ореолов позволит выявить наиболее перспективные из них. Ревизионные геохимические работы помогут оценить глубокие горизонты и фланги этих месторождений, обнару-

жить новые рудные тела, в том числе и скрытые, с помощью предложенных методических приемов.

В процессе детальной разведки геохимическому опробованию подлежат все горные выработки и скважины. Причем использование первичных ореолов в отдельных случаях позволяет сократить объем проходки дорогостоящих горных выработок. В первую очередь это касается пологозалегающих рудных зон, крупных залежей, которые сопровождаются ореолами, весьма протяженными в плоскости рудного тела. Значительные размеры ореолов способствуют прослеживанию рудных зон с помощью редкой сети скважин. Сгущение сети можно проводить на основании построения мультипликативных ореолов элементов, типоморфных для данного типа оруденения. Эти ореолы позволяют оконтурить в пределах рудной зоны участки с промышленным оруденением, которые и следует детально разведывать.

Для оценки флангов и глубоких горизонтов месторождения проводится детализация ранее проведенных геохимических исследований с использованием новых выработок и скважин, сгущением сети опробования на поверхности и наращиванием площадей в направлении оцениваемого фланга. В дополнение к площадным геохимическим исследованиям в масштабе 1 : 10 000, проведенным на месторождении на стадии поисково-оценочных работ, в ходе детальной разведки для оценки флангов необходимо изучение первичных ореолов по поверхностным горным выработкам и коренным породам в масштабе 1 : 2000 с расстоянием между профилями 50 м и интервалом опробования 10 м, со сгущением в пределах рудных зон и околорудного пространства до 3 м и менее в зависимости от мощности минерализованных зон. При оценке флангов мультипликативные ореолы типоморфных элементов позволяют проследить известные рудные зоны и выявить новые. Использование вертикальной зональности и установленных на ее основе коэффициентов поможет определить степень эродированности оруденения как на флангах месторождения, так и на его глубоких горизонтах.

Коэффициент зональности, помимо оценки уровня эрозионного среза оруденения, может быть использован для решения другой важной задачи — увязки рудных пересечений и оконтуривания рудных тел. Решение этой задачи особенно актуально для объектов с прожилково-вкрапленным и штокверковым оруденением, на которых отсутствуют четкие геологические границы рудных тел и контуры оруденения устанавливаются по бортовым содержаниям благородных металлов. Оконтуривание рудных тел, проводимое по результатам опробования горных выработок, в случае неравномерного гнездообразного характера оруденения может привести к тому, что участки, разделенные блоками безрудных пород, заключенными между выработками, будут объединены в одно рудное тело. Привлечение геохимической информации позволяет уточнять морфологию и контуры рудных тел, что способствует более правильному подсчету запасов.

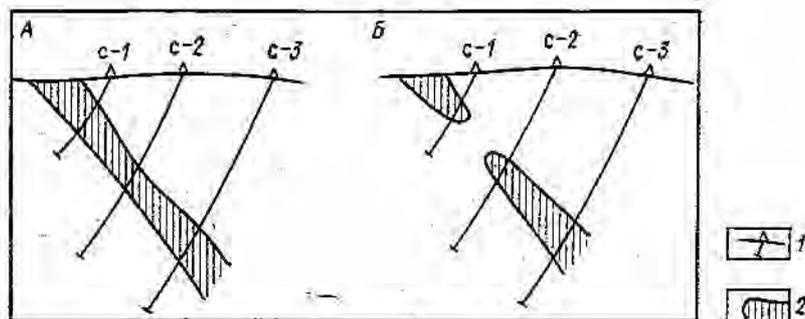


Рис. 65. Оконтуривание рудного тела по разведочным (А) и геохимическим (Б) данным.

1 — опробованные скважины; 2 — рудное тело

Обязательным условием для объединения рудных интервалов в одно рудное тело по геохимическим данным является монотонное изменение K_z по падению или восстанию рудного тела. В случае четковидного или кулисообразного расположения рудных тел K_z будет изменяться от сечения к сечению скачкообразно. На рис. 65 показано рудное тело, разведанное тремя скважинами. После изучения геохимических ореолов установлено, что значения K_z уменьшаются от поверхности к скв. 1 до значений, соответствующих нижнерудному уровню; к скв. 2 и 3 значения K_z снова возрастают. Такое изменение коэффициента обусловлено выклиниванием верхнего рудного участка и появлением на глубине нового рудного тела. Подобное изменение наблюдалось на золото-антимонитовом месторождении, где в результате разведки скважинами было околонтурено одно рудное тело.

При детальной разведке рудных зон большое значение имеет выявление в их пределах рудных столбов и особо обогащенных рудных участков — бонанц, в которых бывает сосредоточена значительная часть запасов золота и серебра. Поисковые критерии рудных столбов — увеличение мощности и интенсивности ореолов главных рудогенных элементов, а также перераспределение элементов в околорудном пространстве: наряду с положительными ореолами вдоль экзоконтактов рудных тел наблюдаются отрицательные ореолы Au, Hg, Pb и других элементов [36]. Чем контрастнее положительные и отрицательные ореолы рудогенных элементов, тем богаче рудный столб. Перераспределение элементов может быть установлено на расстоянии 50—70 м от золоторудного столба даже на участках с непромышленным оруденением.

На золото-полисульфидном месторождении золото-кварц-сульфидной формации в ряде жил на поверхности выявлены богатые рудные столбы, которые к штольневому горизонту (30—90 м от поверхности) выклиниваются. Промышленных концентраций в жилах там не установлено, однако обнаружены резко выраженные положительные и отрицательные ореолы рудных компонентов. На

другом участке этого месторождения, отличающемся по геолого-структурной позиции и минеральным парагенезисам, в штольне вокруг жил с бедным содержанием золота были зафиксированы резко выраженные положительные и отрицательные ореолы золота, не свойственные бедному оруденению [35]. Прогноз о наличии рудного столба подтвержден буровыми и горными работами: в 30—50 м от изученного сечения вскрыто богатое оруденение на горизонте штольни и глубже.

Подобная взаимосвязь между морфологией ореолов золота и его содержанием в рудах обнаружена на многих золоторудных месторождениях.

На золото-серебряном месторождении установлены геохимические признаки бонанц, которые в сочетании с геолого-структурными и минералогическими факторами могут способствовать количественному прогнозированию [4]. Бонанцы расположены вблизи сопряжения рудоносных структур разного направления на незначительном удалении от контакта эффузивных пород с углистыми алевролитопесчанистыми отложениями. Они характеризуются совмещением разновозрастных минеральных ассоциаций как продуктивных (адуляр-хлорит-кварцевой и родонит-кварцевой с золото-серебряной минерализацией), так и послепродуктивных (слюдисто-полевошпатовой и турмалин-кварцевой с редкометальной и хлорит-родохрозитовой с полиметаллической минерализацией). Минеральные особенности бонанц отразились в геохимическом спектре сопровождающих их первичных ореолов. Помимо главных рудогенных (Au, Ag, Pb, Zn, Cu) здесь фиксируются повышенные содержания целого ряда элементов, в том числе и редких (Bi, Be, W, Sn, Hg, Sb). В то же время ряд элементов (Mo, As, Ba) образует в пределах бонанц минимальные концентрации или отсутствуют совсем, а накапливаются только в экзоконтактах зоны. Кроме того, геохимическими признаками бонанц служат увеличение мощности и интенсивности ореолов в их фронтальной части, на контакте эффузивных и терригенных пород (рис. 66) и нарушение корреляционных связей между многими элементами ввиду совмещения разновозрастных минеральных парагенезисов с разной степенью участия элементов в них.

Кроме указанных геохимических критериев, в какой-то степени масштабность оруденения может быть охарактеризована с помощью коэффициента интенсивности, который представляет собой отношение произведений содержаний группы главных рудогенных элементов к элементам подрудной группы или элементам выноса. На некоторых золото-серебряных месторождениях коэффициенты зональности и интенсивности одинаковы, так как главные рудогенные элементы являются и типичными верхнерудными.

На одном из золото-серебряных месторождений интервалы промышленного оруденения могут быть околонтурены по значению K_z , соответствующему минимальной величине среднерудного уровня; условные границы рудных столбов могут быть проведены по изолинии величины K_z , равной максимальному значению среднеруд-

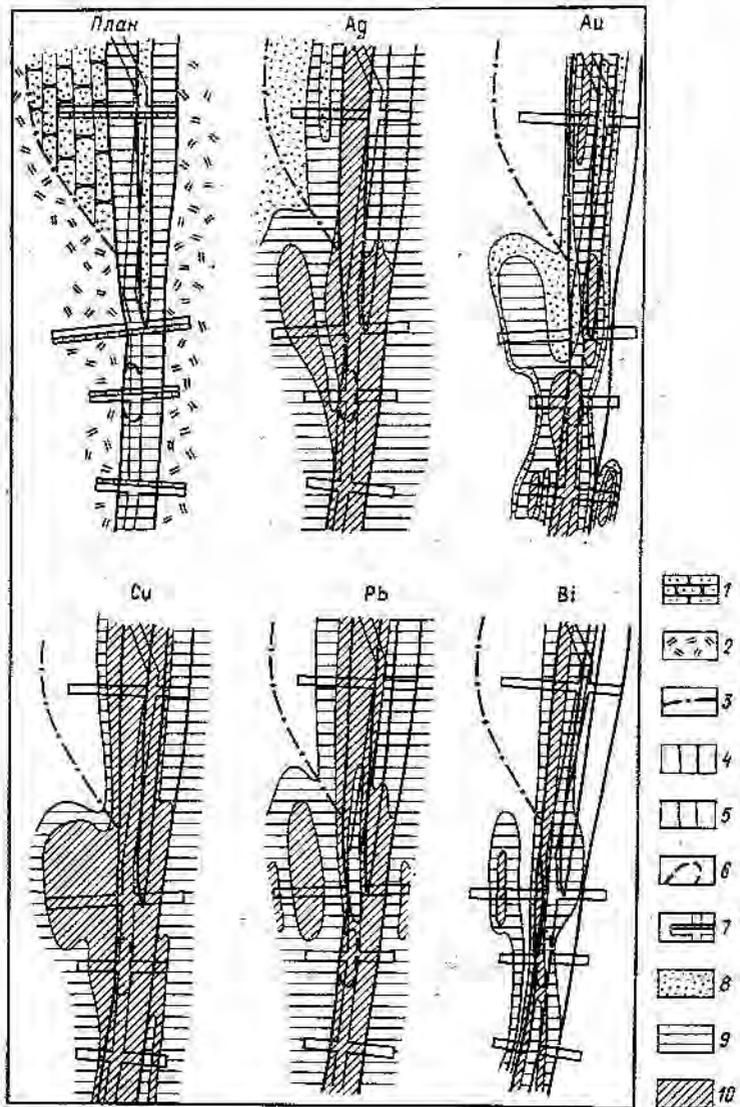


Рис. 66. Первичные геохимические ореолы вокруг бананца.

1 — угленосные терригенные породы; 2 — афировые лейкоциты; 3 — контакт эффузивных и терригенных пород; 4 — жильная зона адуляра-хлорит-кварцевого состава с золото-серебряным оруденением; 5 — контуры жильной зоны; 6 — условный контур бананца; 7 — подземная горная выработка и интервалы геохимического опробования; содержание Cu, Pb и Bi (в г/т), Ag и Ag (в усл. ед.): 8 — Ag — 1—10, Au — 0,003—0,009, 9 — Ag — 11—99, Au — 0,01—0,09, Cu — 50—100, Pb — 100—999, Bi — 3—10; 10 — Ag — 100 и более, золота 0,1 и более, медь >100, свинец 1000 и более, ванадий >10

ного уровня; зоны рассеянной минерализации, фланговые и зальбандовые части рудных зон характеризуются величиной K_z , соответствующей ниже- и подрудным уровням. На проекция рудной зоны на вертикальную плоскость по значению K_z , являющемуся

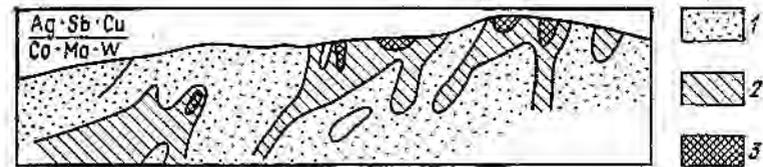


Рис. 67. Проекция рудной зоны на вертикальную плоскость.

Значения коэффициента зональности: 1 — 10—49 000, 2 — 50 000—490 000, 3 — 500 000 и более

минимальным для среднерудного уровня (50 000), околочурены области развития золото-серебряного оруденения, а по максимальному для среднерудного уровня значению (500 000) зафиксировано положение нескольких разобнесенных рудных столбов, ступенчато погружающихся в северо-западном направлении, что согласуется с данными детальной разведки (рис. 67).

Использование K_z позволило В. Н. Бондаренко на золоторудном месторождении близповерхностного типа предположить наличие рудного столба в пределах одной из рудных зон. Рудная зона была вскрыта на трех горизонтах сверху вниз канавой, штольней и скважиной. После изучения первичных геохимических ореолов и их зональности был рекомендован K_z вида $\frac{Ag \cdot Pb}{W \cdot Cu}$, значения кото-

рого по падению зоны составляли: в канаве 0,84, в штольне 54 и в скважине 1,1. Отсутствие монотонного изменения K_z с глубиной и появление на горизонте штольни значений, соответствующих надрудному уровню, а в скважине снова низких значений позволили предположить наличие рудного столба в пространстве, ограниченном штольней и скважиной. Геохимический прогноз был подтвержден буровыми работами.

На другом золоторудном месторождении Г. Я. Абрамсоном был предложен для оценки уровня эрозионного среза оруденения K_z $\frac{Ag \cdot Pb \cdot Sb}{Cu^2 \cdot As}$, величина которого меняется от надрудных уровней к

подрудным от $n \cdot 10^{-1}$ до $n \cdot 10^{-7}$. Для определения промышленной значимости оруденения был рекомендован коэффициент интенсивности, представляющий собой произведение содержания меди и мышьяка. Повышенные содержания мышьяка и меди всегда сопровождают высокие концентрации золота. Мышьяк присутствует в арсенопирите и в продуктивную стадию ассоциирует с золотом. Коэффициент ранговой корреляции между мышьяком и золотом на всех уровнях больше 0,8. Медь тесно коррелирует с мышьяком, особенно в нижних частях околорудного пространства. Произведение содержания меди и мышьяка характеризует интенсивность рудного процесса. Геохимические прогнозы, основанные на анализе поведения первичных ореолов вокруг рудной зоны и использовании значений коэффициентов зональности и интенсивности, привели к обнаружению на глубине рудных тел с высокими содержаниями золота.

Как уже было показано для золото-серебряного месторождения, использование K_3 помогает также решать вопрос о склонении оруденения в плоскости рудного тела. Для этой цели на вертикальную (для крутопадающего оруденения) или горизонтальную (для пологого) проекции выносятся ореолы всех элементов, объединенные по квершлагным выработкам и скважинам (суммированные линейные продуктивности элементов) а также значения K_3 . Анализ распределения элементов позволяет судить о продольной (осевой) зональности, которая отражает дифференциацию элементов в плоскости рудного тела и может быть использована для определения направления движения рудоносных растворов. Распределение K_3 дает возможность определить склонение оруденения, проследить его распространение на глубину и дать оценку глубоким горизонтам рудного тела на всем его протяжении по простиранию. Для пологих рудных тел склонение оруденения выявляется при площадных геохимических работах. Ореолы верхнерудных элементов, изображенные на плане поверхности, бывают смещены по отношению к подрудным в направлении склонения оруденения.

Проверка на безрудность территории, где будут строить производственные и жилые помещения и вести прокладку основных транспортных путей, должна заключаться в проведении геохимических исследований поверхности по первичным или вторичным ореолам в зависимости от ландшафтных условий. Масштаб исследований 1 : 10 000, расстояние между профилями 100 м, интервал опробования 20 м. Основная задача этих исследований — выявление аномалий и определение с помощью вертикальной зональности возможной глубины залегания скрытого оруденения. Для увеличения глубинности геохимического метода рекомендуется контрольное бурение небольшого числа скважин с обязательным геохимическим опробованием керна и обработкой геохимической информации по изложенной методике.

Опыт применения геохимических методов на золоторудных месторождениях показывает высокую их эффективность на всех стадиях геологоразведочных работ и свидетельствует о необходимости более широкого внедрения их в производство.

6.1. ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

Разведочные работы выполняются при помощи горных выработок и скважин (колонкового и ударно-вращательного бурения). Горные выработки, открывающие непосредственный доступ к рудным телам, позволяют изучать состав и строение рудных тел, определять их форму и размеры, отбирать пробы, получать характеристику горно-технических условий, вскрывая рудные тела в заранее заданных местах. К недостаткам разведки горными выработками относятся высокая стоимость и низкая производительность работ.

Бурение широко применяется на всех стадиях разведки самостоятельно или в сочетании с горными выработками. С помощью бурения в сравнительно короткий срок разведывают рудные тела на различных глубинах, причем стоимость бурения в три-четыре раза меньше стоимости проходки горных выработок. К существенным достоинствам бурения относятся оперативность работ, а также возможность бурить скважины в любом направлении, на необходимую глубину и во многих местах, что значительно сокращает общие сроки работ.

Основные недостатки бурения по сравнению с разведкой подземными горными выработками следующие: меньшая достоверность опробования, неполнота геологической информации, невысокая точность определения пространственного положения рудного тела, невозможность получения пересечений рудного тела в строго определенных местах. При разведке месторождения только скважинами обычно понижается категория запасов по сравнению с разведкой, проводимой горными выработками.

Одним из основных путей повышения эффективности разведочных работ является рациональное сочетание подземных горных выработок и разведочных скважин и применение каждого вида работ в наиболее благоприятных для него условиях. Это сочетание зависит от условий залегания, морфологии, размеров рудных тел и принятой системы разведки. Главная задача горных работ — выяснение возможности использования данных бурения для подсчета запасов, что должно способствовать всемерному росту объемов буровых работ при разведке золоторудных месторождений.

6.2. ОСНОВНЫЕ ВИДЫ РАЗВЕДОЧНЫХ ГОРНЫХ ВЫРАБОТОК

При разведке коренных месторождений золота наиболее распространены следующие виды горных выработок.

1. Канавы магистральные, разведочные или траншеи, глубина которых обычно не более 3 м.

2. Шурфы мелкие (глубина до 12 м) проходятся вместо канав при значительной мощности наносов. Площадь сечения шурфов 1,25—1,5 м². В необходимых случаях из ствола шурфов проходят рассечки площадью сечения 1,8 м² и длиной не более 20 м.

3. Шурфы глубокие (глубина до 40 м) площадью сечения 4 м² проходятся в основном по коренным породам; с их помощью вскрывают рудные тела ниже зоны активного выветривания и по возможности ниже зоны окисления.

Из шурфов проходят горизонтальные выработки площадью сечения 1,8—2,7 м², ориентированные по простиранию и вкрест простирания рудных тел. Длина горных выработок обычно не превышает 100 м от ствола шурфа в связи с тем, что откатка породы производится вручную вагонетками небольшого объема.

4. Разведочные шахты сечением 6,0; 9,0; 12,5; 13,8 м² в зависимости от глубины шахты, способа подъема породы, водоотлива и других условий. Эти выработки проходятся для разведки рудных тел на глубину на стадии детальной разведки в необходимых случаях. Глубина разведочных шахт обычно колеблется от 60 до 120 м. Разведка горными выработками может вестись и до более глубоких горизонтов: по особым проектам проходятся разведочно-эксплуатационные шахты глубиной до 300 м, а на эксплуатируемых месторождениях до 700 м и более.

Из шахт проходят системы горизонтальных выработок, причем длина шахтного поля составляет 500—1000 м. Разведочные горизонты проходят через 50—60 м, а в глубоких шахтах — через 100—120 м.

5. Штольни, площадь сечения которых зависит от длины и изменяется от 2,7 до 6,4 м². Данные выработки проходятся при разведке рудных тел в случае резко расчлененного рельефа местности. Штольни в зависимости от расположения рудных тел могут проходить непосредственно по рудному телу или выполнять роль подходной выработки. В отдельных случаях длина подходов штолен достигает 3 км.

6. Горизонтальные выработки из шахт или штолен. Назначение их различно. Основные откаточные выработки длиной более 300 м проходят площадью сечения 5,8 м² и более, позволяющей использовать электровозную откатку породы и породопогрузочные машины. Собственно разведочные выработки значительной протяженности (до 300 м) проходят площадью сечения 4 или 5,1 м², что дает возможность производить откатку породы вагонетками вручную или небольшими электровозами.

Небольшие разведочные выработки-рассечки, квершлагги длиной до 100 м проходят площадью сечения 2,7—4 м², причем при длине выработки до 60 м можно применять скреперы для доставки породы к откаточной выработке. Короткие разведочные выработки-рассечки, орты длиной до 40 м могут проходиться площадью сечения 2,7 м² и более с откаткой породы, скреперами или вагонетками небольшого объема.

7. Восстающие. Проходят для непосредственного прослеживания маломощных рудных тел по восстанию или для разведки мощных рудных тел рассечками на подэтажах, а также для сбойки и вентиляции горизонтов. Площадь сечения восстающих 2 и 4,2 м².

6.3. СПОСОБЫ ПРОХОДКИ КАНАВ

При разведке месторождений на стадиях поисково-оценочных работ и предварительной разведки необходим большой объем проходки поверхностных выработок, особенно канав, используемых для детального геологического картирования, поисков и прослеживания рудных тел. На крупных рудных полях для соблюдения необходимых темпов геологоразведочных работ годовой объем проходки канав составляет 50—60 тыс. м³ и более.

В настоящее время такие объемы работ могут быть выполнены только механизированным путем или с применением взрывчатых материалов.

Использование экскаваторов, скреперных установок и бульдозеров при проходке канав и траншей в рыхлых породах в 10—40 раз повышает производительность труда и намного (в 4—8 раз) снижает стоимость проходки 1 м³ канавы по сравнению с ручным способом.

Использование землеройной техники для проходки канав целесообразно при больших объемах работ и их сосредоточении на определенных разведочных участках. Применять землеройные машины на сильно залесенных территориях, а также на пересеченной местности с углами склонов более 15° не рекомендуется.

6.4. РАЦИОНАЛЬНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ТЕХНИКА ПРОХОДКИ ПОДЗЕМНЫХ ВЫРАБОТОК

При разведке месторождений прирост запасов категорий В и С₁ обеспечивается преимущественно в результате проходки подземных горных выработок. Нередко на месторождениях в процессе разведки выполняется большой объем проходческих работ. Поэтому от показателей проходки подземных горных выработок в значительной степени зависят сроки разведки месторождений и общая эффективность геологоразведочных работ. Преобладающие объемы подземных горноразведочных работ приходятся на долю горизонтальных выработок-штолен, квершлаггов, штреков и расчечек.

Выбор технологии, техники и организации проходки подземных горных выработок зависит в основном от общих и годовых объемов работ, количества забоев, протяженности выработок и свойств горных пород. В общем случае при проектировании и организации проходки горизонтальных горноразведочных выработок рекомендуется для бурения шпуров применять ручные перфораторы ПР-30 ЛУ, а в мерзлых скальных породах, когда для промывки используется соленая вода, — перфораторы ПР-30ЛУБ (с боковой про-

мывкой); если забои не обеспечены водой, то целесообразно применять перфораторы ПР-30П с центральным пылеотсосом с помощью пылеулавливателей ВНИИ-1М-71РД или ПО-4. В зависимости от высоты горной выработки перфораторы всех указанных марок следует устанавливать на пневмоподдержках П-8, П-11 или П-13.

При бурении шпуров с промывкой следует использовать долотчатые коронки типа КДА и КДБ или крестовые типа ККА, ККБ и ККВ диаметром 40 и 43 мм на шестигранных трубах диаметром 25,5 мм, а при бурении с пылеотсосом — специальные коронки типа ДСП диаметром 40 и 43 мм на круглых толстостенных штангах размером 25×6,5 или 28×7 мм, изготавливаемых из стали 30ХГС. Режим промывки: расход воды 3—5 л/мин, давление не менее 20 000 Па.

Паспорта буровзрывных работ выбираются опытным путем. Необходимо добиваться максимального коэффициента использования шпуров (киш) и минимального числа перебуривания.

В скальных горных породах повсеместно рекомендуется использовать прямые врубы (щелевые, спиральные и призматические) со шпурами увеличенной глубины (до 3 м). Наиболее целесообразно применение спирального (из шести шпуров) и призматического (из девяти шпуров) врубов с центральным холостым шпуром желательного увеличенного диаметра.

Для более точного сохранения формы выработок и сокращения перебуривания диаметр оконтуривающих шпуров целесообразно уменьшать.

Должны шире внедряться экономичные и эффективные гранулированные ВВ; гранулиты М, АС-4, АС-8 в сухих и обводненных забоях. В трудно взрываемых породах врубовые шпуры рекомендуется заряжать детонитом М, скальным аммоналом № 3 и скальным аммонитом № 1. Механизированное зарядание шпуров производится с помощью пневмозарядчиков — ежекторного ЭЗП-Г (типа Курама) и порционного ЗП-2.

Взрывание шпуровых зарядов следует осуществлять электроогневым способом с помощью электрозажигательных патронов ЭЗП-Б или электрическим способом с использованием электротонаторов мгновенного (ЭД-8-Э, ЭД-8-Ж), замедленного (ЭД-ЗД) и короткозамедленного действия.

Выработки протяженностью до 250 м должны проветриваться с помощью вентиляторов СВМ-5 или Проходка 500-2М, работающих по нагнетательной схеме, и тканевых труб $d=400\div 500$ мм. При протяженности выработок до 1500 м целесообразно применять всасывающий способ проветривания вентиляторами СВМ-6, устанавливаемыми на поверхности. Диаметр металлических труб 500—600 мм, максимальное количество вентиляторов — четыре. При значительной протяженности выработок проветривание ведется комбинированным способом с использованием призабойного вентилятора-турбулелазатора СВМ-4 или СВМ-5, тканевых труб $d=400\div 500$ мм и рассредоточенных вентиляторов СВМ-6 или Проходка

500-2М (не более восьми), работающих по всасывающей схеме, а также металлических труб $d=400\div 600$ мм. Во всех случаях расстояние от конца вентиляционного трубопровода до забоя не должно превышать 10 м.

Вентиляционные установки должны обеспечивать скорость воздушного потока у конца трубопровода не менее 0,3—0,35 м/с (в условиях отрицательных температур не менее 0,5 м/с).

В прямолинейных коротких (до 80 м) выработках породу убирают скреперными установками путем скреперования породы из забоя выработки непосредственно в отвал или с помощью проходческих инерционных конвейеров КИ. При протяженности выработок до 50 м применяют лебедки 10ЛС-2С и гребковые скреперы СГ-0,16, при большой протяженности — лебедки 17ЛС-2С и скреперы СГ-0625. Данное оборудование можно использовать и при проходке расщеч. В этом случае расщечки задаются на уровне кровли основной выработки (штольни, штрека). Порода скреперуется или транспортируется конвейером в вагонетки в пределах основной выработки.

В выработках значительной протяженности уборку породы осуществляют с помощью погрузочных машин ППН-1с (пневматических) и ЭПМ-2А (электрических), вагонеток УВО-0,5, УВО-0,8, (опрокидных) и УВГ-1,0, УВГ-1,2 (с глухим неопрокидным кузовом), аккумуляторных электровозов АК-2У и 4,5 АРП-2М. Одиночные вагонетки следует обменивать в расщечках, на тупиковых или замкнутых разминонках, устраиваемых через 40—60 м. При работе погрузочных машин в комплексе с ленточными перегружателями ЛП-1, ПЛ-3, ПЛ-5 и др. рекомендуется обменивать вагонетки на замкнутых разминонках, отстоящих от забоя на 150—200 м, а откатку и доставку составов осуществлять с помощью маневровых электровозов АК-2У.

Разгрузку вагонеток типа УВГ в отвал надо производить в простейших лобовых опрокидывателях, а разгрузку в самосвалы — в боковых опрокидывателях БОК-1м с канатным приводом или БОК-2МГ с электрогидравлическим приводом.

Деревянная крепь должна по возможности заменяться более эффективными видами крепи: потолочной $d=16\div 20$ см; штанговой (металлической или железобетонной) по сетке 0,7×0,7 или 1×1 м; набрызгбетонной толщиной 4—5 см.

Необходимо стремиться к наиболее рациональному комплексованию проходческого оборудования. В частности, оно должно иметь одинаковый привод, близкие по величине габариты и т. д. Следует шире внедрять научную организацию труда; применять рациональные методы и приемы труда, сетевые графики на производство вспомогательных работ, оптимальные циклограммы проходки и т. д.

Схемы организации проходческих работ и графики цикличности должны предусматривать максимальную загрузку оборудования и рабочих различных профессий, а также темпы проходки до

200 м на бригаду в месяц при производительности труда проходчика 12—14 м/мес и подземного рабочего 8—10 м/мес.

Проекты проходки подземных горноразведочных выработок по возможности должны составляться с учетом последующего использования их при эксплуатации.

6.5. БУРЕНИЕ СКВАЖИН ПРИ РАЗВЕДКЕ

Бурение широко применяется на всех стадиях разведки золоторудных месторождений в сочетании с проходкой горных выработок или в качестве самостоятельной системы разведки. По сравнению с горными работами бурение позволяет в более короткий срок и с меньшими затратами разведывать месторождение. Поэтому повышение роли бурения при разведке золоторудных месторождений имеет большое значение.

Следует однако указать, что бурение не обеспечивает получение полной и надежной информации о геологическом строении рудных тел. Это ограничивает использование данных разведочного бурения для подсчета запасов.

Для наиболее распространенного при разведке вращательного колонкового бурения характерными недостатками являются: относительно небольшой объем керновых проб; не очень высокий выход керна; наличие избирательного истирания керна; отклонение скважин от заданного профиля. Указанные недостатки по-разному влияют на надежность опробования скважин.

Представительность результатов бурения во многом зависит от количества пересечений рудных тел скважинами и положения стволов скважин в пространстве. В ряде случаев (особенно при разведке маломощных рудных тел) геологические данные, полученные по единичным пересечениям рудного тела, случайны. Наряду с искривлением скважин это затрудняет выдерживание нормальной плотности разведочной сети и снижает надежность подсчета запасов по результатам бурения.

Повышение надежности проб, отбираемых в скважинах, и представительности геологической информации при разведке месторождений бурением может быть достигнуто путем применения наиболее совершенных технических средств и технологий бурения, обеспечивающих высокий выход керна и наименьшее его избирательное истирание; широким внедрением в практику разведочных работ оперативного и точного контроля местоположения забоев скважин, а также многозабойного и направленного бурения.

1. Рациональные области применения различных технических средств и способов бурения

На золоторудных месторождениях эффективно применяются различные способы механического бурения: вращательное с использованием твердосплавного и алмазного породоразрушающего инструмента, вращательно-ударное с высокочастотными гидроударни-

ками, ударно-вращательное с пневмо- или гидроударниками. Целесообразность внедрения различных способов обусловлена главным образом геологическими и горно-техническими условиями месторождения, влияющими на надежность геологической информации, данные опробования по скважинам, производительность и стоимость бурения. При всех перечисленных способах бурения применяются одни и те же буровые установки, техническая характеристика которых приведена в табл. 15. Выбор буровой установки осуществляется в зависимости от глубины и цели бурения.

При разведочном бурении на коренных месторождениях золота используются алмазные и твердосплавные коронки $d=46$ мм и более. При выходе керна более 70 % коронки $d=46$ мм обеспечивают достаточную для опробования массу пробы. Однако, учитывая ограниченность в выборе технических средств для отбора проб соответствующего диаметра, а также то обстоятельство, что при бурении коронками $d=46$ мм не всегда удается получить кондиционный выход керна, основными диаметрами для бурения по рудным телам на коренных месторождениях золота следует считать: при алмазном бурении 59 мм, при твердосплавном 76 мм. При повышении требований к выходу керна и сохранности его структуры следует применять большие диаметры бурения. Так, при бурении маломощных жильных тел, где желательнее получать керн ненарушенной структуры при высоком проценте его выхода, должны использоваться алмазные коронки $d=76$ мм и твердосплавные $d=76$ и 93 мм.

Твердосплавное бурение на золоторудных месторождениях может применяться в породах до VIII категории. Для наиболее эффективного бурения необходимо правильно выбрать тип коронки и рациональный режим бурения (табл. 16).

Установлено, что максимальная механическая скорость бурения соответствует окружной скорости коронки, равной 1,5 м/с. В зависимости от диаметра коронки можно определить необходимую частоту вращения (мин^{-1})

$$n = \frac{60 \cdot V}{\pi \cdot D},$$

где V — окружная скорость коронки, равная 1,5 м/с; D — диаметр коронки, м.

При бурении трещиноватых и абразивных пород частота вращения уменьшается.

Расход промывочной жидкости определяют по формуле: $Q = K \cdot D$, где K — удельный расход промывочной жидкости на 1-см диаметра коронки, л/мин; D — диаметр коронки, см.

Для резцовых и самозатачивающихся коронок K равно: в породах V—VI категории 8—16; VII—VIII категории 7—8.

Алмазное бурение на золоторудных месторождениях применяется в породах VII—XII категорий. Правильный выбор алмазной коронки определяет производительность бурения и его стоимость. В конкретных горно-геологических условиях при алмазном буре-

Параметры	Классы станков и величины параметров							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Глубина бурения номинальная, м:	25	100	300	500	800	1200	2000	3000
алмазное	12,5	50	200	300	500	800	1200	2000
твердосплавное	1,25	6,3	20,0	32,0	50,0	80,0	125,0	200,0
Грузоподъемность на крюке, кН:	2,0	10,0	32,0	50,0	80,0	125,0	200,0	320,0
номинальная	93	132	132	151	151	151	212	295
максимальная	36	46	59	59	59	59	59	59
Диаметр бурения, мм:	76	93	93	93	93	93	93	93
начальный (не менее)	4,0	3,2	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
копечный	20,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	20,0
алмазное бурение	—	—	0,4	0,4	0,3	0,25	0,20	0,20
твердосплавное бурение	—	—	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
Частота вращения бурового снаряда (с ⁻¹) при вращательном бурении:	—	—	—	—	—	—	—	—
от (не более)	—	—	—	—	—	—	—	—
до (не менее)	—	—	—	—	—	—	—	—
Частота вращения бурового снаряда, с ⁻¹ при ударно-вращательном бурении:	—	—	—	—	—	—	—	—
от (не более)	—	—	—	—	—	—	—	—
до (не менее)	—	—	—	—	—	—	—	—
Диапазон углов наклона вращателя (минимальный):	—	—	—	—	—	—	—	—
радианы	—	—	—	—	—	—	—	—
градусы	—	—	—	—	—	—	—	—
Скорость подъема бурового снаряда, м/с:	—	—	—	—	—	—	—	—
минимальная (не более)	—	—	—	—	—	—	—	—
максимальная (не менее)	—	—	—	—	—	—	—	—
Длина свечи номинальная, м	—	—	—	—	—	—	—	—
Мощность приводного электродвигателя, кВт	3	11	15	22	30	45	55	75
	—	4,7	9,5	9,5	14,0	14,0—18,6	18,6	18,6—24,0
	—	1,2	1,4	1,4	1,4	1,5	1,5	1,5
	—	0,6	0,55	0,45	0,4	0,32	0,3	0,25
	—	1,22—1,57 (0,6—6,28)*	1,22—1,57 (0,6—6,28)*	1,22—1,57 (0,6—6,28)*	1,22—1,57 (0,6—6,28)*	1,22—1,57 (0,6—6,28)*	1,31—1,57 (0,6—6,28)*	1,57 (0,6—6,28)*
	—	70—90 (0—360)*	70—90 (0—360)*	70—90 (0—360)*	70—90 (0—360)*	70—90 (0—360)*	75—90 (0—360)*	90 (0—360)*

* Значения диапазонов углов наклона вращателя относятся только к станкам для подземного бурения.

Таблица 16

Области рационального применения твердосплавных коронок

Породы	Категории	Типы коронок	Осевая нагрузка на один основной резец, Н	Окружная скорость, м/с
Суглинки, глины, слабосцементированные песчаники, ангидриты, глинистые сланцы	До IV	Ребристые (M1; M2; M5)	300—800	1—1,5
Аргиллиты, алевролиты, глинистые и песчаные сланцы, гипсы, известняки, доуниты, серпентиниты, перидотиты	IV—VII	Мелкорезцовые (CM3; CM4; CM5)	500—1000	0,8—1,6
Песчаники, алевролиты, диориты, габбро, порфириды, окварпованные известняки, пироксениты, базальты, скарны	VI—VIII, частично IX	Самозатачивающиеся (CA2; CA3; CA4; CA5)	500—800	0,6—1,5

нии необходимо как можно точнее оценивать физико-механические свойства пород, прежде всего их абразивные свойства и твердость. При выборе типов алмазных коронок следует руководствоваться соответствующими нормативными документами.

Оптимальные сочетания режимных параметров (частота вращения, осевая нагрузка и количество промывочной жидкости) необходимо подбирать с учетом конкретных свойств горных пород (твердость, трещиноватость, абразивность и др.), типа и диаметра коронки, размера объемных алмазов, глубины скважины, требований к выходу керна, характера искривления скважины, а также с учетом состояния применяемого оборудования и наличия антивибрационных средств.

При алмазном бурении рекомендуются максимально возможные частоты вращения, допускаемые состоянием оборудования, инструмента и характером разбуриваемых пород. Осевая нагрузка на коронку должна быть достаточной для эффективного разрушения породы на забое. Нагрузки ниже оптимальных приводят к заполированию забоя и резко повышают расход алмазов. С увеличением частоты вращения осевую нагрузку следует повышать.

Количество подаваемой промывочной жидкости должно обеспечивать очистку забоя от шлама и охлаждение алмазной коронки. При бурении очень твердых пород, в которых алмазы заполировы-

ваются, количество промывочной жидкости к концу рейса следует уменьшать. Во всех случаях с повышением механической скорости бурения увеличивается количество подаваемой на забой промывочной жидкости.

Высокочастотное алмазное бурение с применением ЛБТ при частоте вращения $800-1500 \text{ мин}^{-1}$ может эффективно применяться, если бурение ведется в однородных по буримости породах, преимущественно VIII—IX категорий, слабой и средней трещиноватости; стенки скважин устойчивы и отсутствуют зоны интенсивного поглощения промывочной жидкости; изменчивость физико-механических свойств пород такова, что позволяет заменять тип применяемой коронки не менее чем через $10-20 \text{ м}$ бурения; глубина бурения не превышает $150-200 \text{ м}$.

К неблагоприятным горно-геологическим условиям, препятствующим внедрению высокочастотного бурения, относятся: неоднородность (по буримости) пород геологического разреза и их интенсивная трещиноватость; преобладание в разрезе мощных толщ пород IX и более высоких категорий, в которых наблюдается повышенный износ алмазов на высокой частоте вращения коронки; необходимость бурения коронками $d=76 \text{ мм}$ и более из-за осложнений с отбором керна; интенсивное поглощение промывочной жидкости, исключающее применение эмульсионных растворов.

Гидроударное бурение скважин диаметром 76 и 59 мм в породах V—X категорий эффективно по сравнению с другими способами при наличии геологических факторов, вызывающих интенсивное искривление ствола скважины; частой перемежаемости пород различной твердости и абразивности; преобладании в разрезе пород VI—IX категорий; возможности использования в качестве промывочной жидкости воды, что увеличивает рабочий ресурс гидроударников и глубину их применения; возможности выбора только одного вида бурения по всему разрезу — гидроударниками или гидроударниками с бескерновым и твердосплавным бурением; возможности больших объемов гидроударного бурения при глубине скважин $400-1000 \text{ м}$.

Неблагоприятны для гидроударного бурения: преобладание в разрезе пород менее V категории или абразивных пород X и более высоких категорий; необходимость использования глинистого раствора, увеличивающего износ гидроударников; неустойчивость стенок скважины в мощных интервалах интенсивной трещиноватости пород; сложность обеспечения промывочной жидкостью и малые объемы бурения.

Бурение снарядами со съёмными кернаприемниками может быть эффективно в случае однородных по буримости пород соответствующей твердости, позволяющих бурить без подъема колонны $30-50 \text{ м}$ и глубине бурения более 500 м для ССК и 1000 м для КССК.

Не благоприятны для применения съёмных кернаприемников: частая перемежаемость пород различной твердости, затрудняющая подбор коронки; кавернозность или интенсивная разработка ство-

ла скважины, приводящая к поломкам резьбовых соединений; неустойчивость стенок скважин, вызывающая необходимость применения глинистых растворов большой плотности, что затрудняет работу с кернаприемником; наличие зон катастрофического поглощения на большой глубине, обуславливающее необходимость спуска обсадных труб и применения двух типов бурильных колонн и породоразрушающего инструмента; физико-механические свойства пород, обуславливающие углубку на коронку менее $12-15 \text{ м}$.

Высокочастотное гидроударное бурение гидроударниками ГВ-5 и ГВ-6 дает высокие технико-экономические показатели при бурении скважин глубиной более 200 м в твердых трещиноватых породах, где применение форсированных режимов вызывает повышенный износ инструмента, а также разрезов, содержащих мощные толщи малоабразивных пород XI—XII категорий, вызывающих заполировку алмазов.

В геологических разрезах, сложенных монолитными слаботрещиноватыми породами, относительная эффективность бурения этим способом в сравнении с вращательным уменьшается.

Пневмоударное бурение эффективно в разрезах, сложенных необводненными или многолетнемерзлыми породами VII—XI категорий, при наличии зон катастрофического поглощения промывочной жидкости, особенно в безводных и пустынных районах, где затруднено снабжение буровых промывочной жидкостью.

Неблагоприятны для пневмоударного бурения наличие обводненных пород, сильный водоприток в скважину; присутствие в разрезах глинистых включений и прослоев; преобладание в разрезе абразивных пород X категории и выше, что приводит к интенсивному износу коронок и снижению эффективности бурения по сравнению с вращательным способом; наличие в геологических разрезах мощных зон сильнотрещиноватых и раздробленных пород, затрудняющих геологическую документацию из-за низкого выхода керна.

Рекомендуемые рациональные области применения различных способов бурения даны в табл. 17.

Бескерновое бурение чаще всего осуществляется с помощью шарошечных долот. Этот способ по сравнению с колонковым позволяет значительно углубку за рейс и механическую скорость бурения. Бескерновое бурение шарошечными долотами применяется при бурении вмещающих пород на хорошо изученных месторождениях.

В некоторых случаях, когда по геологическим условиям невозможно получать высокий выход керна, а опробование по шламу дает удовлетворительные результаты, бескерновое бурение шарошечными долотами может применяться и при пересечении рудных интервалов.

Получение надежных шламовых проб возможно только при выполнении следующих условий: улавливания всех частиц разбуриваемого материала независимо от их размеров и плотности; возможности точной привязки шламовых проб к интервалам опробо-

Рациональные области применения различных способов бурения

Бурение	Рекомендуемые глубины (в м) бурения в породах различных категорий		
	VI-VII	VIII-IX	X-XI
Алмазное	—	0—150	0—200
Твердосплавное	0—300	—	—
Высокооборотное с ЛБТ	—	150—1000	100—1000
Комплексом:			
ССК-59	—	500—1200	—
КСК-76	1000—2000	—	—
Гидроударное	—	400—1000	—
Высокочастотное гидроударное:			
твердосплавными коронками	300—1000	—	—
алмазными коронками	—	—	200—1000
Пнеумоударное:			
в необводненных скважинах	—	0—400	0—400
в обводненных скважинах	—	0—150	0—150

вания; отсутствия привноса в шламовую пробу материала с других интервалов скважины. В компоновку снаряда при шарошечном бурении обязательно включается шламовая труба для улавливания крупного шлама. Улавливание мелкого шлама осуществляется на поверхности с помощью системы желобов, секционных и гидроциклонных шламоулавливателей.

Бескерновое бурение шарошечными долотами наиболее эффективно при сильной трещиноватости пород и интенсивных поглощениях промывочной жидкости. В этих условиях шарошечное бурение с продувкой позволяет значительно увеличить выход материала для опробования. Кроме того, при бурении с продувкой обеспечивается более точная привязка материала к интервалам опробования, а высокая производительность этого вида бурения позволяет значительно сократить сроки разведочных работ.

2. Технические средства для опробования скважин и особенности технологического режима бурения

Надежность результатов разведки золоторудных месторождений бурением во многом определяется их геологическими особенностями, морфологией рудных тел, условиями залегания, характером распределения полезного компонента, текстурно-структурными особенностями руд, физико-механическими свойствами вмещающих пород и руд. Важнейшее условие получения надежных результатов опробования скважин — получение высокого выхода керна и снижение степени его избирательного истирания в процессе геолого-разведочного бурения.

Этого можно добиться правильным выбором технических средств и параметров технологического режима бурения применительно к конкретным особенностям геологического строения разведываемых месторождений.

Для типизации условий отбора буровых проб в зависимости от признаков, определяющих требования к надежности буровых проб: особенностей геологического строения, мощности рудных тел, характера геологических границ и степени неравномерности распределения рудной минерализации, рудные тела месторождений разделены на четыре группы (табл. 18).

В группу А включены месторождения, представленные мало-мощными рудными телами с четкими геологическими границами, неравномерным и весьма неравномерным распределением рудной минерализации, в ряде случаев с невыдержанной мощностью и прерывистым промышленным оруденением. В эту группу вошли рудные тела типа жил и жильных зон малой мощности.

К группе Б отнесены жильные зоны и жильные штокверки средней мощности с неравномерным распределением рудной минерализации, относительно выдержанной мощностью и наличием геологических границ.

В группу В вошли рудные тела большой мощности с относительно равномерным распределением рудной минерализации (жильные зоны, минерализованные зоны, вкрапленные руды штокверков).

В группу Г — рудные тела колчеданных залежей с относительно равномерным распределением рудной минерализации.

Некоторые из перечисленных групп рудных тел могут быть представлены рудами, которые характеризуются различной степенью разрушения и избирательного истирания керна при воздействии на него промывочной жидкости и вибраций, возникающих при бурении. Поэтому внутри групп рудных тел выделены подгруппы (по степени трудности получения надежных буровых проб), отличающиеся однородностью по твердости и прочности (однородные, перемежающиеся), степени подверженности керна разрушению при бурении (слабая, средняя, значительная и весьма значительная), подверженности керна избирательному истиранию (подвержены, не подвержены).

На основании анализа характера основных морфологических типов рудных тел коренных месторождений золота, в рудных телах группы А выделены три подгруппы (1, 2, 3) руд по признакам, характеризующим степень подверженности керна разрушению, избирательному истиранию и размыву промывочной жидкостью. По этим признакам в группе Б выделены 2 и 3 подгруппы; в группе В и Г — 1 и 2 подгруппы.

В рудных телах, отнесенных по предложенной классификации в группу А, необходимо точно определять мощность жилы, особенности ее строения, наличие и мощность зальбандов. Часто наибольшую промышленную ценность представляют призальбандовые участки жилы, а при полосчатых текстурах жил — отдельные по-

Группировка золоторудных месторождений по условиям отбора буровых проб

Группы рудных тел, объединенных по признакам, определяющим требования к надежности буровых проб	Типы руд, объединенные в подгруппы по признакам, влияющим на степень надежности буровых проб	Свойства руд	
		степень подверженности керн разрушению при бурении	подверженность керна избирательному истиранию
А. Маломощные жильные тела и жильные зоны малой мощности с неравномерным и весьма неравномерным распределением рудной минерализации и четко выраженными геологическими границами	1. Прочные, однородные по твердости и прочности монокристаллические и слоботрещиноватые руды 2. Однородные по твердости и прочности трещиноватые и сильно трещиноватые руды 3. Переменяющиеся по твердости и прочности в различной степени трещиноватые, а также слабо связные, выветрелые и рыхлые руды	Слабая	Не подвержены
		Средняя и значительная	»
		Значительная и весьма значительная	Подвержены
Б. Жильные зоны и жильные штокерки средней мощности с неравномерным распределением рудной минерализации и относительно выдержанной мощностью	2. Однородные по твердости и прочности трещиноватые и сильноотрещиноватые руды 3. Переменяющиеся по твердости и прочности в различной степени трещиноватые, а также слабо связные, выветрелые и рыхлые руды	Средняя и значительная	Не подвержены
		Значительная и весьма значительная	Подвержены
В. Рудные тела большой мощности с относительно равномерным распределением рудной минерализации (жильные и минерализованные зоны, штокерки с вкрапленной минерализацией)	1. Прочные, однородные по твердости и прочности монокристаллические и слоботрещиноватые руды 2. Однородные по твердости и прочности трещиноватые и сильноотрещиноватые руды	Слабая	Не подвержены
Средняя и значительная		»	
Г. Конглоидные залежи сложной формы с относительно равномерным распределением рудной минерализации	1. Прочные, однородные по твердости и прочности монокристаллические и слоботрещиноватые руды 2. Однородные по твердости и прочности трещиноватые и сильноотрещиноватые руды	Слабая	»
		Средняя и значительная	»

досы. Исходя из этих особенностей, при отборе проб в жильных рудных телах необходимо добиваться максимального выхода керна с хорошей сохранностью его структуры, чтобы иметь возможность точно определить мощность жилы и зальбандов, а также получить достоверные сведения об их первоначальной структуре. Для обеспечения хорошей сохранности структуры керна следует применять колонковые снаряды, диаметр которых не должен быть меньше 73 мм.

В рудах 1-й подгруппы группы А, керн которых подвержен слабому разрушению, не подвержен избирательному истиранию и размыву промывочной жидкостью, допустимо применение технических средств, работающих при прямом направлении потока промывочной жидкости.

В рудах 2-й подгруппы группы А, керн которых хотя и не подвержен размыву и избирательному истиранию, но подвержен разрушению, во избежание вымывания мелких частиц под торец коронки и в затрубное пространство следует применять технические средства, обеспечивающие полную изоляцию керна от промывочной жидкости при прямом направлении потока либо обратную циркуляцию в призабойной зоне. В неустойчивых породах должна обеспечиваться предварительная прямая промывка скважины.

В рудах 3-й подгруппы группы А, характеризующихся перемежающимися по твердости и прочности прослоями, слабой сцементированностью и высокой трещиноватостью, керн которых в значительной степени подвержен разрушению, избирательному истиранию и размыву промывочной жидкостью, следует применять технические средства, обеспечивающие обратное направление потока промывочной жидкости в призабойной зоне, а также отбор шламовых проб. При наличии на забое шлама и частиц породы необходимо предусмотреть предварительную прямую промывку забоя.

Рудные тела группы Б, объединяющие жильные зоны и жильные штокерки, отличаются от жильного типа большей мощностью. Эти рудные тела обычно приурочены к крупным тектоническим зонам сильноотрещиноватых пород, в прослоях которых размещаются невыдержанные по мощности рудные зоны, прожилки, линзовидные тела и т. п. В связи со сравнительно большой мощностью жильных зон и жильных штокерков, каждое скважинное пересечение включает несколько проб, а это повышает надежность опробования. Поэтому требования к сохранности структуры керна при отборе проб в этих рудных телах менее жестки, чем при опробовании рудных тел жильного типа. Диаметр керна определяется массой керна, которая необходима для проведения основных и контрольных анализов и выделения дубликатов проб.

Требования к полноте выхода керна определяются в основном подверженностью рудных тел избирательному истиранию. В рудах, керн которых подвержен разрушению, но не подвержен избирательному истиранию (2-я группа), опробование может быть надежным при выходе керна более 70%. Поэтому допустимо применение технических средств с прямой циркуляцией потока промыв-

вочной жидкости при диаметре алмазных коронок 59 и твердосплавных 76 мм. В рудах, kern которых в различной степени подвержен разрушению и избирательному истиранию (3-я подгруппа), надежность опробования по керну может быть обеспечена только при высоком выходе керна. Возможность опробования только по керну должна быть доказана заверочными работами. При недостаточной надежности опробования только по керну необходимо применять технические средства, обеспечивающие обратную призабойную циркуляцию промывочной жидкости и получение керно-шламовых проб. При попадании на забой материала с других интервалов должна обеспечиваться предварительная прямая промывка забоя.

В группу В объединены мощные рудные тела минерализованных зон и штокверков. Эти рудные тела часто характеризуются вкрапленным оруденением. Относительно равномерное распределение рудной минерализации позволяет получать достаточно удовлетворительные результаты опробования при выходе керна 70 % даже в тех случаях, когда имеет место разрушение керна. На стадии детальной разведки границы рудного тела уже определены и промежуточные скважины можно бурить без отбора керна с опробованием по шламу.

Избирательному истиранию руды группы В подвержены в незначительной степени и оно существенно не сказывается на точности опробования.

В рудах 1-й подгруппы группы В, kern которых подвержен слабому разрушению, для отбора проб могут применяться любые технические средства (даже простые колонковые снаряды). Выбор технических средств в этом случае определяется в зависимости от условий бурения (глубины скважины, степени однородности пород в разрезе, их устойчивости и т. п.). Основные критерии выбора технических средств бурения и отбора проб: обеспечение выхода керна более 70 % и максимальная производительность бурения.

В рудах 1-й подгруппы группы Г допустимо применение любых технических средств, обеспечивающих выход керна или керна и шлама более 70 %. В рудах 2-й подгруппы группы Г, kern которых в значительной степени подвержен разрушению, следует применять снаряды с прямой циркуляцией потока промывочной жидкости, обеспечивающие изоляцию керна от ее воздействия.

Для повышения выхода керна используются различные колонковые снаряды, которые в зависимости от направления потока промывочной жидкости в призабойной зоне делятся на три группы: для бурения с прямой, обратной и с комбинированной (переменной) промывкой забоя. К первой группе относятся различные типы двойных колонковых снарядов (ДКС), наибольшее распространение из которых имеют ДКС, разработанные ВИТР ВПО «Союзгеотехника». Серийно изготавливают две разновидности ДКС: с вращающейся и невращающейся в процессе бурения внутренней (керноприемной) трубой. Выпускаются два типа ДКС с вращающейся внутренней трубой — ТДВ-1 и ТДВ-2 для бурения коронками диа-

метром 76 и 59 мм. Основное отличие этих снарядов в том, что ДКС первого типа обеспечивают при одинаковых диаметрах бурения больший диаметр керна. Это достигается за счет применения более тонкостенных труб и уменьшения зазора между ними.

ДКС первого типа (ТДВ-1) предназначены для отбора керна в горных породах V—XII категорий серийными твердосплавными и алмазными коронками, имеющими нормальную ширину торца. Это позволяет получать kern такого же диаметра, что и при использовании одинарных колонковых снарядов (ОКС), а для достижения высокой механической скорости бурения не требуется увеличивать осевое давление. Промывка скважин осуществляется только водой.

К недостаткам этих снарядов относится частичное предохранение керна от воздействия потока промывочной жидкости и не защищенность от ударов, возникающих из-за вибрации бурового снаряда. Кроме того, эти снаряды можно применять только при бурении устойчивых слаботрещиноватых пород, так как их конструкция не позволяет промывку глинистыми растворами.

Снаряды типа ТДВ-2 в отличие от ТДВ-1 имеют большие зазоры между трубами и могут быть использованы при промывке скважин водой и глинистым раствором. Снаряды этого типа применяются с алмазными коронками специальной конструкции, имеющими увеличенную ширину матрицы. Они используются в основном в условиях трещиноватых пород. Как и в других конструкциях ДКС с вращающейся внутренней трубой, в снарядах ТДВ-2 kern не защищен от ударов и истирания.

Для лучшего предохранения керна от ударов и трения применяются ДКС, внутренняя труба которых связана с переходником подшипниковым узлом и при бурении не вращается. ВИТР ВПО «Союзгеотехника» разработаны четыре модификации ДКС с невращающейся внутренней трубой: ТДН-1, ТДН-2, ТДН-4, ТДН-УТ. ДКС типа ТДН-1 выпускаются для бурения скважин диаметром 76 и 59 мм. Они предназначены для отбора керна в монолитных и слаботрещиноватых породах. При этом промывка скважин осуществляется только водой. ДКС типа ТДН-2 также выпускаются для бурения скважин диаметром 76 и 59 мм. Они снабжены специальными алмазными коронками с увеличенной шириной матрицы и применяются в породах слабой и средней степени трещиноватости. В отличие от снарядов ТДН-1 они имеют большие межтрубные зазоры, что позволяет использовать для промывки глинистые растворы.

ДКС типа ТДН-4 выпускаются только для бурения скважин диаметром 76 мм. Предназначены для бурения с промывкой глинистым раствором или водой сильнотрещиноватых и неустойчивых горных пород, подверженных размыву. Основная отличительная особенность этих снарядов — полная изоляция керна от потока промывочной жидкости. При бурении этими снарядами используют специальные алмазные коронки КДТ-4А (однослойные) и КДТ-4И (импрегнированные), а также расширители РДТ-4.

ДСК типа ТДН-УТ выпускаются для бурения алмазными коронками с нормальной шириной матрицы диаметром 76, 59 и 46 мм. Они предназначены для отбора керна в слаботрешиноватых породах. Отличительная особенность этих снарядов — наличие в их конструкции узла, сигнализирующего о самозаклинивании керна, что дает возможность своевременно прекратить бурение и произвести подъем. Конструкция снаряда предусматривает возможность бурения как с прямым, так и с обратным направлением потока промывочной жидкости, что положительно сказывается на сохранности керна, но они не обеспечивают надежной работы в случае применения вязких глинистых растворов.

Разновидностью ДКС с невращающейся внутренней трубой являются снаряды со съёмными керноприемниками (ССК-59, ССК-76, КССК-76). Основное преимущество снарядов со съёмными керноприемниками по сравнению с другими ДКС с невращающейся керноприемной трубой — возможность доставки керна от забоя скважины без подъема колонны бурильных труб, что обеспечивает высокую эффективность их применения при бурении глубоких скважин.

Все разновидности ДКС с невращающейся внутренней трубой предохраняют керн от воздействия потока промывочной жидкости, а также от ударов, возникающих при вибрации снарядов, но не предотвращают самоклинивание и истирание керна, в связи с чем в рудах, подверженных избирательному истиранию, не всегда получают достаточно надежные пробы.

При наличии избирательного истирания керна применяются технические средства, обеспечивающие обратную циркуляцию потока промывочной жидкости в керноприемной трубе. Такая циркуляция препятствует выносу раздробленного керна под торец коронки и в затрубное пространство, предотвращает самозаклинивание керна и его истирание, позволяет более точно привязывать шламовые пробы к интервалу опробования. Обратная промывка может осуществляться либо по всей скважине, либо только в призабойной зоне, где прямой поток преобразуется в обратный. При обратной промывке для отбора керна применяются простые (одинарные) колонковые снаряды либо ДКС типа ТДН-УТ или аналогичных конструкций, а также эрлифты. Обратная промывка по всей скважине применяется редко из-за сложности ее проведения и невозможности обеспечения нормального процесса бурения при поглощениях промывочной жидкости.

Из технических средств, обеспечивающих обратную призабойную циркуляцию промывочной жидкости, наибольшее распространение имеют эжекторные колонковые снаряды, разработанные ЦНИГРИ: ОЭС — одинарные эжекторные снаряды и ДЭС — двойные эжекторные снаряды.

Одинарные эжекторные снаряды предназначены для отбора керновых или керно-шламовых проб в сильнотрешиноватых и дробленых породах неоднородных по твердости при промывке скважин водой или глинистым раствором. Они характеризуются несложной

конструкцией и изготовлением, не требуют дополнительного оборудования и приспособлений, а также специальных мер по технике безопасности. При использовании ОЭС могут применяться стандартные твердосплавные или алмазные коронки.

Ввиду обратного направления потока промывочной жидкости снижается избирательное истирание керна и повышается надежность керновых проб. Кроме того, эжекторные снаряды позволяют отбирать шлам, который хорошо привязывается к интервалам опробования.

Опыт бурения одинарными эжекторными колонковыми снарядами свидетельствует о том, что эти снаряды обеспечивают высокий процент выхода кернового или керно-шламового материала в пробу в очень сложных условиях. Однако использование этих снарядов не эффективно при бурении восстающих скважин, так как поток промывочной жидкости не достигает забоя, что приводит к прижогу коронки. При бурении восстающих скважин с обратной призабойной циркуляцией промывочной жидкости применяются двойные эжекторные снаряды, а также ДКС типа ТДН-Э и ТДН-О конструкции ВИТР ВПО «Союзгеотехника».

При бурении эжекторными снарядами ОЭС, ДЭС и аналогичных им конструкций не исключается возможность засорения проб материалом из слабоустойчивых интервалов скважины, который может попадать в колонковую и шламовую трубы. Для устранения этого недостатка необходимо применять конструкции колонковых снарядов, предусматривающие прямую промывку скважин в начале рейса с дальнейшим переходом на обратную после очистки забоя от обрушившегося материала (снаряды с комбинированной промывкой забоя).

Принцип работы эжекторных колонковых снарядов, обеспечивающих предварительную прямую промывку забоя скважины состоит в том, что перед началом бурения промывочная жидкость, минуя смеситель эжектора, попадает в керноприемную трубу, оmyвает забой и по затрубному пространству выносит шлам с забоя к устью скважины. По окончании промывки забоя канал прямого потока перекрывается и колонковый снаряд работает в режиме эжектора.

Известны различные конструкции эжекторных снарядов, предусматривающие комбинированную промывку забоя. Наиболее простым и надежным в работе является снаряд типа ГРЭС конструкции СКБ ВПО «Союзгеотехника».

Колонковые снаряды, обеспечивающие прямую промывку забоя скважины перед бурением и обратную в процессе бурения, обеспечивают получение наиболее надежных керновых или керно-шламовых проб в сложных условиях (в сильнотрешиноватых и раздробленных породах и при наличии избирательного истирания).

Рекомендуемые технические средства и некоторые параметры процесса бурения в зависимости от принадлежности руд к той или иной группе рудных тел и условий отбора буровых проб приведены в табл. 19.

Рекомендации по выбору технических средств для отбора проб и некоторых параметров бурового процесса

Группы рудных тел (в соответствии с табл. 18)	Подгруппы	Вид пробы	Направление потока промывочной жидкости в керноприемной трубе	Тип колонковых снарядов*
А	1	Керновая	Прямое	1. ОКС, ТДН-1
	2	»	Прямое или обратное	2. ТДН-УТ, ССК 1. ТДН-УТ, ОЭС
	3	Керновая или керношламовая	Переменное Обратное	2. ГРЭС 1. ТДН-0, ДЭС
Б	2	Керновая	Прямое или обратное	2. ГРЭС 1. ТДН-2, ТДН-УТ, ОЭС
	3	Керновая или керношламовая	Переменное Обратное	2. ГРЭС 1. ТДН-0, ДЭС, ОЭС
В	1	Керновая	Переменное Прямое	2. ГРЭС 1. ОКС, КССК, ССК и др. ДКС
	2	Керновая или шламовая	Прямое или обратное	1. ТДН-2, ТДН-4 2. ТДН-0, шламоулавливающие средства
Г	1	Керновая	Прямое	1. ОКС, КССК, ССК и др. ДКС
	2	Керновая или шламовая	Прямое или обратное	1. ТДН-2, ТДН-УТ, ТДН-0 2. ОЭС, шламоулавливающие средства

* Тип колонковых снарядов: 1 — для устойчивых пород, 2 — для неустойчивых.

3. Технические средства и способы для направленного и многозабойного бурения

Одно из основных требований, предъявляемых к разведочной скважине, — проходка ее ствола в соответствии с запроектированным профилем для приведения забоя в пространственно заданную точку геологического разреза. При отклонении ствола скважины от проектного положения рудное тело пересекается в случайных, не предусмотренных проектом, точках, что нарушает принятую плотность разведочной сети. Это в конечном итоге приводит к погрешностям в определении оценочных параметров и пространственного положения тел, перебурированию отдельных интервалов скважин и в целом к повышению стоимости геологоразведочных работ.

Скважина считается направленной, если при ее бурении в заданную точку используется естественное искривление скважины или применяются искусственные отклонители. При проектировании профиля скважины необходимо учитывать возможное естественное ее отклонение, присущее скважинам данного месторождения или отдельного его участка. Это позволяет сократить объем трудоемких работ по искусственному искривлению скважин с помощью специальных отклонителей. Направленное бурение с отклонителями проводится: для приведения скважины в заданную точку; для исправления сильноискривленных скважин; при необходимости обхода инструмента, оставленного в скважине в результате аварии.

Направленные скважины могут быть многозабойными. Многозабойная скважина — это скважина, из основного законченного ствола которой бурится один или несколько дополнительных стволов. Многозабойные скважины бурят с целью перебурирования интервалов с недостаточным выходом керна, для увеличения количества пересечений рудного тела и более представительной оценки его характеристик, отбора технологических проб и т. д.

Для поддержания заданного профиля скважины необходимо в процессе бурения контролировать местоположение ее забоя. Плановый контроль кривизны скважины осуществляется специальными каротажными отрядами, которые измеряют азимутальное и зенитное искривление через определенные интервалы с помощью инклинометров УМИ-25 (в слабомагнитных средах), ИГ-70, Зенит IV и МИА-III (в сильномагнитных средах).

Оперативный контроль искривления производится непосредственно буровыми бригадами. Измерения ведутся только в одной точке — у забоя. В скважинах с зенитными углами наклона менее 5° измеряются только зенитные углы. Для измерения используются патроны с плавиковой кислотой и медным купоросом. При зенитных углах наклона ствола более 5° измеряются зенитные и азимутальные искривления. Измерения ведутся у забоя с помощью инклинометров И-6, ОК-40У и др.

Для искусственного искривления скважины используются ориентированные и неориентированные отклоняющие снаряды (отклонители). К неориентированным отклонителям относятся различные шарнирные компоновки (ШК), в состав которых входят: специальная толстостенная коронка, колонковая труба меньшего (следующего) по отношению к коронке размера, универсальный шарнир (ШУ) для соединения компоновки с колонной бурильных труб. Шарнирные компоновки применяются для неориентированного искривления скважин (чаще всего для их выполаживания), а также увеличения кривизны после искривления скважин с помощью ориентированных отклонителей. Они используются обычно в скважинах, зенитные углы ствола которых составляют более 15°. При меньших углах интенсивность искривления с помощью ШК снижается и возможны значительные азимутальные искривления.

Преимущество шарнирных компоновок — бурение при пониженных осевых нагрузках.

Для азимутального искривления скважин применяются различные ориентируемые отклонители: клиновые стационарные (КОС); съемные клиновые (СО-73/36, СНБ-КО); безклиновые (АНс, ТЗ, БСНБ и др.).

Съемные отклонители устанавливаются на забое после его очистки от керна и шлама и служат для отбуривания пилот-скважины, которая после подъема отклоняющего снаряда расширяется до прежнего диаметра ступенчатыми расширителями РС-46/59 или РС-59/76. При использовании для искривления скважин безклиновых отклонителей и стационарных клиньев на первом этапе бурения скважин применяются алмазные долота АДН-8, АДН-22 и ИДН-12. В дальнейшем используются кольцевые алмазные коронки с укороченными колонковыми трубами, длина которых увеличивается от рейса к рейсу.

Скважина перед установкой в ней отклонителей тщательно промывается, и в месте постановки клина производятся замеры зенитного угла и азимута направления ствола скважины. Если на забое остается шлам, то слук отклонителя в ствол скважины сопровождается промывкой забоя с помощью специального приспособления. Забуривание дополнительных стволов при многозабойном бурении производится с помощью стационарных клиновых отклонителей. Для создания искусственного забоя применяются пробки типа ИЗ или других конструкций.

Ориентирование отклонителей осуществляется прямым или косвенным способом. Прямое ориентирование проводят как в наклонных, так и вертикальных скважинах, косвенное — только в наклонных. При прямом способе ориентирования используются специальные разъемные кольца, на которых могут фиксированно устанавливаться визирная трубка, сумматор углов поворота снаряда или визирная линейка (при вертикальном визировании). В некоторых случаях работы ведутся со специальными ориентировочными ниппелями и поворотными головками.

Косвенный способ ориентации применяется в скважинах, зенитные углы ствола которых превышают 5°. При меньших углах значительно возрастает погрешность ориентирования. Аппаратура для ориентирования отклонителей косвенным способом включает: скважинный прибор-датчик, входящий в состав бурового снаряда или спускаемый в колонну бурильных труб только на период ориентации, и наземный пульт управления.

6.6. МЕХАНИЗАЦИЯ ПРОБООТБОРА

Как уже отмечалось, опробование — это ответственная и трудоемкая операция. Поэтому рекомендуется шире использовать механизацию при отборе проб, особенно на стадии детальной разведки, когда отбираются десятки тысяч проб. Для улучшения качества отбора проб, достижения требуемой достоверности результатов и по-

вышения технико-экономических показателей опробования следует использовать: пробоотборники режущего действия конструкции ЦНИГРИ с пневматическим (ИП-6401) и электрическим приводом (ИЭ-6404) для отбора бороздовых и шелевых проб в подземных горных выработках; пробоотборник ударного действия УПП конструкции ВИТра для отбора бороздовых проб в поверхностных горных выработках.

Наиболее прогрессивными в настоящее время являются пробоотборники режущего действия конструкции ЦНИГРИ — ИП-6401 и ИЭ-6404.

Скол и отбойка материала проб, находящегося между прорезями, осуществляется специальными тонкими клиньями и молотками или механизмом ударного действия со съемной долотчатой твердосплавной коронкой, заточенной под углом 30°.

Техническая характеристика пробоотборников

Показатели	ИП-6401	ИЭ-6404
Максимальная глубина резания, м	50	60
Диаметр отрезного круга, мм	200	200
Расстояние между отрезными кругами (регулируемое), мм	20; 30; 50	20; 30; 50
Максимальная мощность на шпинделе, кВт	1,3	2,2
Частота вращения шпинделя, мин ⁻¹ : на холостом ходу (не более) при максимальной мощности (не менее)	4580 3400	2860 —
Расход воздуха при максимальной мощности м ³ /мин (не более)	1,6	—
Давление сжатого воздуха на входе в машину, МПа	0,5	—
Напряжение, В: общей сети сети управления	— — —	380 36 50
Частота тока, Гц	—	—
Тип двигателя	Пневматический роторный	Трехфазный короткозамкнутый асинхронный
Исполнение электрооборудования	—	Закрытое
Усилие подачи, кгс	5—6	5—6
Тип режущего инструмента	АОК 2726-0095А; АКС 630/16025 М1.	—
Охлаждение режущего инструмента	Водяное	Водяное
Расход воды, л/мин	1,5	1,5
Масса головки, кг	—	4,2
Общая масса (без кабеля и рукавов), кг	Не более 5,6	60

ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ РАЗВЕДКЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

7.1. ТРЕБОВАНИЯ К ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

Значительное многообразие природных типов золоторудных месторождений, характеризующихся нередко сложной морфологией и строением рудных тел, а также отсутствием четких контактов, требует объективной первичной геологической документации разведочных выработок. Геологическая документация осуществляется сразу после проходки горных выработок. Это позволяет оперативно контролировать правильность выбора направления и целесообразность проходки, следить за подсечением границ рудных тел; устанавливать места отбора проб, участки контрольного валового и технологического опробования; проверять качество отбора.

Геологическая документация разведочных выработок на золоторудных месторождениях может выполняться традиционным способом графических зарисовок или с применением специальной фотосъемки, известной под названием фотогеологической документация или фотодокументация [24, 25]. При использовании фотометода первичными геологическими документами следует считать фотосхемы протяженных выработок, а также отдельные фотоснимки забоев, фрагментов выработок и ящиков с керном, отпечатанные в заданном масштабе документации, с раскрытым геологическим содержанием в результате их дешифрирования. Геологическая информация, не получившая отражения на снимках, должна быть отмечена в текстовой части журнала документации.

Метод фотодокументации обеспечивает более объективное и точное фиксирование геологических наблюдений. В основу его положены требования «Временной инструкции по первичной геологической документации полевых геологоразведочных работ» [5], а также принципиальные положения фотограмметрической съемки. Применять фотометод можно практически при всех условиях проведения геологоразведочных работ, хотя имеются некоторые ограничения, обусловленные горно-техническими причинами: отсутствие воды при проходке подземных выработок; сложные гидрогеологические условия, когда стенки, забой и кровля подземных выработок сильно обводнены (интенсивный капёж, потоки воды); невозможность удовлетворительной расчистки полотна канав и трашей.

Первичная геологическая документация по своему назначению делится на массовую и детальную. Массовой документации подле-

жат все без исключения горные выработки и скважины. Детальная документация выполняется по отдельным интервалам горных выработок и скважин, наиболее интересным в геологическом отношении, а также для получения подробной характеристики строения рудных тел на участках отбора контрольных, валовых и технологических.

В целях оперативного ориентирования в материалах геологической документации целесообразно применять строгую систему нумерации всех горных выработок, проб и документационных образцов. Нумерация выработок должна быть единой для всех участков месторождения и продолжаться из года в год. Все горные выработки в процессе разведки месторождения при их заложении наносят на топографические и маркшейдерские планы соответствующими условными обозначениями и включают в каталог геологоразведочных выработок по форме, предусмотренной временной инструкцией [5].

Изображение объектов геологических наблюдений на зарисовках или при дешифрировании фотодокументов, а также при составлении сводных геологических погоризонтных планов, разрезов и карт выполняется в соответствии с условными обозначениями, утвержденными инструкцией для геологической документации данного месторождения. От того, насколько правильно разработаны условные обозначения, во многом зависит качество геологической документации, так как она выполняется различными лицами в течение ряда лет.

В практике геологических работ условные обозначения принято выражать штриховыми знаками, буквенными и цифровыми индексами и цветной раскраской. При составлении условных обозначений необходимо придерживаться общепринятых образцов обозначения для наиболее распространенных пород, а индивидуальные геологические особенности месторождения отражать в условных обозначениях, несущих характерные черты документируемых объектов.

В соответствии с принятыми условными обозначениями на каждом разведываемом месторождении следует составлять эталонную коллекцию образцов, представляющих разновидности руд, вмещающих пород, характеризующих различные стадии выветривания, метаморфических преобразований и т. д. Ее сопровождают каталогом, содержащим краткое описание каждого образца с указанием основных диагностических свойств пород и руд, а также места взятия образцов в выработках.

При фотодокументации условные обозначения и эталонную коллекцию горных пород также сопровождают каталогом эталонных фотоснимков, отображающих геологические объекты в масштабе массовой (1:25 или 1:50) и детальной (1:5; 1:1) документации. Каталог с изображением главных объектов геологической документации способствует правильному опознаванию их при дешифрировании снимков в камеральных условиях.

Геологическая документация при разведке золоторудных месторождений должна обеспечивать фактическими данными полное представление об их основных особенностях, а именно: составе и взаимоотношениях горных пород, слагающих рудное поле, месторождение или участок месторождения; геологической структуре разведываемого участка; характере и распространении различных типов гидротермальных изменений; типах оруденения, размерах и закономерностях размещения рудных тел и минерализованных пород; морфологии рудных тел и закономерностях, определяющих ее изменчивость; внутреннее строение рудных тел; текстуре, вещественном составе руд, характере их изменчивости в горизонтальном и вертикальном сечениях; степени окисления руд и ее изменчивости от различных геологических факторов; закономерностях размещения золота и сопутствующих ему полезных и вредных компонентов.

Такая информация складывается из суммы наблюдений над отдельными геологическими объектами, главными из которых принято считать: рудные тела; вмещающие породы (неизменные и гидротермальноизмененные); элементы геологической структуры (контактные поверхности, тектонические нарушения — складчатые; разрывные).

Рудные тела. При документации золоторудных тел необходимо обращать внимание на их морфологию, условия залегания, особенности внутреннего строения и минеральный состав руд. В соответствии с классификацией наиболее распространенных морфологических типов промышленных рудных тел остановимся на некоторых особенностях геологической документации каждого из них.

1. При документации золоторудных жил необходимо тщательно отражать их контакты с вмещающими породами. Особое внимание следует обращать на жилы и жилообразные тела с невыдержанной морфологией, т. к. жилы могут сопровождаться апофизами, ответвлениями, образовывать сложные узлы и субпараллельные и параллельные свиты, быть протяженными (несколько сотен метров и более) или выклиниваться в пределах первых десятков метров как по простиранию, так и по падению. В процессе документации необходимо систематически замерять мощность и элементы залегания всех встреченных жил.

При наблюдениях над минеральным составом рудных тел жильного типа нужно учитывать, что они относятся в основном к золото-кварцевой, золото-кварц-сульфидной и золото-халцедоновидно-кварцевой формациям. Руды золото-кварцевого состава содержат небольшое количество сульфидов; для золото-кварц-сульфидных руд, характеризующихся значительным количеством сульфидов, при документации следует выделять пирит, галенит, сфалерит, блеклые руды, а также другие сульфиды и сульфосоли; для руд золото-халцедоновидно-кварцевой формации необходимо отмечать наличие полосчатых, колломорфных разностей халцедона, а также

адуляра, карбонатов, минералов марганца и других минералов, видимых невооруженным глазом. Так как минеральный состав руд значительно более сложен, подробные минералогические исследования проводят под микроскопом, а при первичной документации выделяют только главные парагенетические минеральные ассоциации, указывают их количественные соотношения, форму и характер размещения в жильных телах.

2. В случае документации жильных зон, залегающих в терригенных толщах и представляющих собой совокупность сближенных маломощных жил и прожилков, разделенных вмещающими породами, следует по возможности, точно указывать границы их распространения. При этом нужно иметь в виду, что в целом жильные зоны обычно приурочены к крупным тектоническим зонам большой протяженности и мощности.

3. При документации рудных тел типа минерализованных зон, залегающих среди гидротермально измененных терригенно-или вулканогенно-осадочных пород, подробно отражают характер многочисленных жил и прожилков кварцевого, сульфидного и кварц-сульфидного состава; указывают их мощность, приуроченность к определенным структурным элементам (трещинам, сланцеватости и т. д.), регистрируют количество жил и прожилков на единицу измерения. Для оруденения этого типа характерна вкрапленная сульфидная минерализация, наличие которой следует отражать при документации. Должны быть указаны размеры и относительное количество вкрапленников во вмещающих породах. Такие минерализованные зоны часто не имеют четких контуров, хотя визуально (ориентировочно) их устанавливают по границам распространения интенсивно гидротермально измененных пород.

4. Рудные тела штокверкового типа имеют ряд морфологических разновидностей, которые необходимо отражать при документации. Присутствующие иногда жилы небольшой мощности имеют сложные формы, часто ветвятся и нередко переходят в системы тонких прожилков, приуроченных к трещинам нескольких направлений. Зарисовка и описание штокверкового типа рудных тел весьма трудоемки, поэтому наиболее целесообразен в данном случае фотографический способ фиксации строения рудных тел. Фотодокументы позволяют объективно выделить различные морфологические особенности жил и прожилков, установить приуроченность их к структурным элементам, выявить степень насыщенности рудными прожилками отдельных участков пород. Контакты жил и прожилков с вмещающими породами четкие, однако визуально определить границы их распространения чаще всего можно лишь ориентировочно. Вследствие этого контуры промышленного золотого оруденения устанавливают по данным геологического опробования.

5. Рудные тела типа линз и линзообразных залежей, обычно приуроченные к вулканогенным и вулканогенно-осадочным толщам, бывают представлены массивными и прожилково-вкрапленными рудами. Массивные руды имеют довольно четкие контак-

ты и особенности документации их относятся в основном к выделению разновидностей минерального состава (пирит-халькопиритовый, полиметаллический и т. д.) и структурно-текстурных особенностей в пределах отдельных рудных тел. Прожилково-вкрапленные руды обычно пространственно связаны с роговиками, вторичными кварцитами, кварцево-сланцевыми и другими породами. Поэтому в процессе геологической документации прежде всего рекомендуется проследить границы распространения этих пород и устанавливать приуроченность их к определенным структурным элементам.

6. Тела трубообразной и залежи неправильной формы, залегающие преимущественно в известняках и палеовулканиках, характеризуются, как правило, небольшими размерами и четкими контактами с вмещающими породами. При документации тщательно фиксируют характер контактов и особенности внутреннего строения рудных тел, отражающие непостоянство минерального состава, показывают размещение руд с различными структурно-текстурными особенностями и т. д.

Вмещающие породы. Значение геологической документации горных пород, вмещающих золотое оруденение, обусловлено нередко решающим влиянием их литологии и внутренней структуры на морфологию, особенности строения и промышленную ценность рудных тел. Документация пород предусматривает, как известно, макродиагностику их состава и отображение особенностей внутреннего строения.

Главная цель при изучении вмещающих пород в разведочных выработках — определение состава пород. В пределах рудных полей горные породы редко сохраняют свой первичный состав, особенно вблизи рудных тел. Поэтому специфика документации вмещающих пород состоит не только в диагностике их первичного состава, но и в дифференцировании продуктов различных стадий гидротермально-метаморфических преобразований, которые следует различать по минеральному составу и интенсивности проявления.

При геологической документации широко пользуются установленными признаками, характеризующими околорудные изменения данного типа. В частности, при документации интрузивных пород кислого и среднего состава, вмещающих рудные тела жильного типа, следует фиксировать такие изменения, как окварцевание, альбитизацию, мусковитизацию, эпидотизацию. Если оруденение вмещает интрузии и дайки основного состава — выделяют зоны березитизации, лиственитизации и т. д. Документация вулканогенных и вулканогенно-осадочных пород, вмещающих одиночные жилы и свиты жил, должна отражать проявление пропилитизации и серицитизации, развитие гидрослюдистых кварцитов, адуляр-кварцевых метасоматитов. Во флишoidных толщах, которые представлены аргиллитами, алевролитами и сланцами, вмещающими прожилково-вкрапленное оруденение, при документации должны быть отмечены калишпат-кварцевые, турмалиновые, карбонат-хлоритовые и другие изменения.

Элементы геологической структуры. Основными объектами документации, принадлежащими к элементам геологической структуры, являются контакты геологических образований, особенности их строения и различные формы проявления тектонических нарушений. На зарисовках отображают контакты рудных тел и всех разновидностей горных пород, в том числе и зон гидротермальных изменений. Условным знаком отмечают степень четкости и характер контакта (прямой или извилистый след сечения в наблюдаемой плоскости), а также указывают элементы залегания.

О особой тщательностью следует установить положение слоистости пород, а при наличии мелких складок изображать их форму. При документации обломочных пород по возможности фиксируют размер, цвет, состав, форму и количественное соотношение обломков разных пород в пределах отдельных горизонтов.

Качественная документация различных форм проявления тектонических нарушений имеет большое значение для установления их связи с оруденением. Поэтому необходимо отмечать, к каким складчатым или трещинным структурам приурочены рудные жилы и прожилки, по каким тектоническим нарушениям происходит смещение частей рудных тел, какие нарушения выполняют роль границ распространения оруденения или гидротермально измененных пород. Производится систематическая документация сланцеватости с указанием ее ориентировки и степени проявления. Особо выделяют зоны интенсивной сланцеватости, так как к ним часто бывают приурочены свиты золоторудных кварцевых жил или прожилково-вкрапленная золотосодержащая кварцево-сульфидная минерализация.

На зарисовках также следует показывать различные системы трещин, выделяя при этом трещины скалывания и разрыва, трещины, связанные со складчатостью, и т. д.

7.3. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ В РАЗЛИЧНЫХ ВИДАХ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

Возможности наблюдений над геологическими объектами в различных горно-геологических условиях (в открытых и подземных выработках, по керну разведочных скважин) неодинаковы, что отражается как на содержании, так и на степени надежности получаемой геологической информации.

Главное условие качественного выполнения геологической документации в открытых разведочных выработках — тщательная их зачистка вручную и соблюдение необходимой углубки в коренные породы: для скальных пород — не менее 0,5 м; полускальных — не менее 0,7 м; мягких, рыхлых и интенсивно трещиноватых — не менее 1 м.

Геологическую документацию секущих выработок (канав, расчисток) следует выполнять по одной из стенок и полотну, по линии сопряжения которых обычно производят отбор бороздовых проб. При документации прослеживающих канав и траншей осо-

бенно тщательно документируют полотно. Неглубокие шурфы (до 10 м) и лудки зарисовывают общепринятым способом — в виде сопряженной развертки стенок выработок.

Масштаб зарисовок открытых выработок — 1:100 или 1:50; масштаб фотосхем — 1:50 и 1:25. Геологическую документацию и опробование всех видов открытых разведочных выработок необходимо выполнять сразу за их проходкой, особенно в сложных климатических и гидрогеологических условиях, а также при мощных чехлах наносов, когда выработки подвержены скорому обрушению и обводнению.

Особенности геологических наблюдений в открытых разведочных выработках обусловлены проходкой их в коре выветривания, перекрытой рыхлыми отложениями мощностью от 0,2 до 3 м (реже более). Поэтому геологическая документация открытых выработок помимо наблюдений над рудными телами и важнейшими геологическими элементами должна содержать также описание и зарисовку рыхлых отложений: формы, размер, состав обломков и цемент их составляющих. Последнее необходимо для построения карты мощности покровных образований, выяснения их фациальных изменений, а также изучения особенностей гидрогеологического режима и инженерно-геологических свойств пород покровного комплекса.

Основной объем наиболее надежной геологической информации получают при разведке месторождений подземными выработками. Тщательно обмытые или зачищенные от пыли и грязи поверхности забоев, стенок и кровли подземных выработок позволяют выполнять всесторонние наблюдения над всеми вскрываемыми геологическими объектами и правильно намечать места отбора проб различного назначения.

Своевременное выполнение документации особо необходимо в выработках, проходка которых осуществляется в сложных горно-технических и климатических условиях. Например, в случае вскрытия выработками неустойчивых пород, когда проводят полное или частичное крепление стенок и кровли, повторные наблюдения которых в дальнейшем невозможны. Значительные трудности для последующих наблюдений возникают и в выработках, поверхность которых быстро покрывается льдом и инеем.

В целях достижения высокого качества, объективности и оперативности геологической документации подземных выработок целесообразно использовать фотометод. По своей информативности фотосхемы протяженных выработок всегда превосходят массовую графическую документацию главным образом в отношении отображения морфологии рудных тел и основных структурных элементов — тектонических нарушений, трещиноватости и сланцеватости. Наибольшую эффективность фотометод имеет на месторождениях со сложной морфологией рудных тел.

В процессе массовой геологической документации зарисовки и фотосхемы подземных выработок рекомендуется выполнять по способу сопряженной развертки: для горизонтальных и наклонных вы-

работок — штолен, штреков, квершлагов, рассечек, ортов и др. из двух стенок и кровли; для вертикальных выработок — шурфов, шахт, восстающих из двух или четырех стенок в зависимости от сложности морфологии рудных тел.

Забои разведочных выработок, идущих по простиранию рудных тел, следует документировать после каждой отпалки и опробования; забои выработок, пройденных по пустым породам (полевые штреки, квершлаг и др.), можно документировать реже, примерно через каждые 5 м.

При массовой геологической документации подземные выработки зарисовываются в масштабе 1:100 или 1:50; фотодокументацию проводят в масштабе 1:50 или 1:25 в зависимости от мощности рудных тел.

В подземных выработках при практически абсолютной обнаженности коренных пород следует вести тщательные детальные наблюдения над особенностями строения и состава рудных тел, окolorудными изменениями вмещающих пород, взаимоотношениями рудных тел с различными структурными элементами. Такого рода геологическую информацию рекомендуется фиксировать отдельно от массовой документации — на крупномасштабных детальных зарисовках или фотоснимках. Масштаб изображения этих объектов выбирается в зависимости от размера геологических деталей — от 1:20 до 1:1.

Керн разведочных скважин дает исследователям весьма небольшой объем каменного материала, однако позволяет получить необходимые сведения о глубинном строении месторождения и возможность обнаружения и опробования рудных тел на глубине.

Визуальное наблюдение над керном способствует детальному литологическому изучению и подробному расчленению горных пород: выделению маркирующих горизонтов, отдельных слоев, даек. Подробно документируются участки пересечения скважиной рудных тел: описывают и зарисовывают контакты с вмещающими породами, минералогические особенности руд, состав, размер, количество, форму выделения жильных и рудных минералов, парагенетические ассоциации. При документации керна проводят тщательные наблюдения над окolorудными изменениями пород, отмечают минеральный тип и степень их проявления.

Некоторые сложности возникают при наблюдениях по керну над структурными элементами, особенно трудно определить их пространственное положение. В настоящее время все большее развитие получает метод кернометрии, позволяющий надежно ориентировать отдельные образцы керна, поднимаемого с заданной глубины, и производить замеры истинных элементов залегания. Для этого используют кернометры различных конструкций или преобразуют видимые на керне дирекционные углы и углы падения структурных элементов при помощи таблиц или керностереографической сетки в истинные.

Сложно при геологической документации керна устанавливать и взаимоотношения различных структурных элементов между собой (систем трещин, отдельных разноориентированных тектонических нарушений, секущих контактов и т. п.) ввиду единичных случаев наблюдения их пересечений непосредственно в образцах. Документация по керну микроскладчатости, микротектоники и т. п., а также степени раздробленности пород, тонкой плитчатости керна и процента выхода его на отдельных участках разреза скважины весьма существенна, так как косвенно свидетельствует о тектонической нарушенности пород. Такая информация необходима для увязки структурных элементов при построении сводных геологических разрезов, планов и карт.

При геологической документации керна следует обратить внимание на графическую зарисовку литологической колонки по скважине, так как она обычно выполняется в различном вертикальном (1:100) и горизонтальном (1:2—1:5) масштабах. Возникают определенные трудности в соразмерном отражении в условных графических знаках разномасштабных структурных элементов, в частности текстурно-структурных особенностей руд и вмещающих пород. Отсюда многовариантность отстройки отдельных рудных тел по разрезам и увязки их с планами, особенно на месторождениях, представленных жильными зонами в сочетании со штокверками. Использование же фотометода обеспечивает получение одинакового (вертикального и горизонтального) масштаба изображения керна (1:10, чаще 1:5) с достаточной разрешающей возможностью, что, безусловно, положительно отражается на качестве геологической документации.

Большое внимание следует уделять документации керна малых диаметров, керна с неудовлетворительным процентом выхода (менее 70%), керна с неравномерным распределением рудных минералов (гнездообразными скоплениями сульфидов), частой перемежаемостью кварцевого материала с вмещающими породами и т. п. В этих случаях практически весь керн по рудному интервалу отбирается в пробу, за исключением отдельных небольших образцов, которые при повторном изучении не дают достаточно ясного представления о строении вскрытого рудного тела.

7.4. ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ ПРИ ОПРОБОВАНИИ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК

На всех стадиях разведки золоторудных месторождений геологическая документация сопровождает различные типы опробования — экспериментальное, геологическое (систематическое), контрольное (заверочное) и технологическое. При этом задачи геологической документации находятся в прямой зависимости от целей опробования.

В начальный период разведки месторождений, когда проводятся экспериментальные исследования по выбору методики опробования и наиболее рациональных способов отбора проб, в результате

геологических наблюдений подбирают участки выработок с равноценными геологическими условиями по мощности, морфологии, строению и минеральному составу рудных тел. Зарисовку мест отбора экспериментальных проб выполняют в масштабе 1:20 или 1:25. Это поможет объективному сопоставлению различных способов опробования и выявлению наиболее оптимальных из них, обеспечивающих надежность проб. В процессе систематического опробования обязательное условие массовой геологической документации — точное фиксирование мест отбора всех без исключения проб.

На зарисовки полотна, стенок и забоев открытых и подземных выработок наносят линии взятия бороздовых проб, контуры задирок, точки шпурового и штуфного опробования с указанием границ отдельных секций (для линейных проб) и номеров проб. В случае выполнения документации фотометодом, опробование выработок должно предшествовать фотосъемке для фиксации места отбора проб на снимках. При этом следует иметь в виду, что наиболее четкое отображение получает бороздовый способ опробования, особенно щелевой, выполняемый механическими пробоотборниками режущего действия.

Качество отображения на снимках бороздовых проб, выбитых вручную, полностью зависит от качества их отбора, поэтому борозды площадью сечения 20×10 и 30×15 см², которые, как правило, характеризуются невыдержанностью границ, неровностью поверхности дна и боковых стенок за счет более резкого проявления избирательного выкрашивания материала, видны на снимках хуже. При шпуровом опробовании на фотоснимках четко отображаются только устья шпуров, следовательно направление и длина шпура должны быть указаны дополнительно. Если проба отбирается задирковым способом, то участок опробования перед фотосъемкой целесообразно оконтурить мелом.

В текстовой части геологической документации или в специальных графах журналов следует указывать длину, ширину и глубину пробы, а также мощность, минеральный состав, особенности строения рудного тела и наличие видимого золота. При систематическом опробовании керна разведочных скважин в журналах геологической документации и паспортах скважин указываются точная привязка по глубине, длина секций, номера проб, процент выхода керна и масса пробы.

Фотосъемку керна следует проводить до опробования, чтобы полностью сохранить геологическую информацию и точно зафиксировать интервалы отдельных проб, предварительно отмеченных этикетками или специальными метками, на которых желательнее указать номера проб. На фотоснимках керна массовой документации (масштаб 1:5) получают отображение состояния каменного материала, отбираемого в пробу — его целостность, характер дробления, количество выхода от длины рейса, а в случае контрастных руд — количество рудных прожилков, их мощность и соотношение с вмещающими породами. Обязательное дополнение к фотосним-

кам — описание состава, формы выделения, характера взаимоотношений сульфидной минерализации с жильными образованиями и др., которые не всегда однозначно дешифрируются на фотоснимках. Для интерпретации данных опробования целесообразно использовать фотоснимки детальной документации ящика в масштабе 1:1 или 1:2, где многие особенности строения и состава отражены более подробно.

Все пробы, отбираемые из разведочных выработок, регистрируются в специальных журналах опробования, где указываются: порядковый номер пробы, название рудного тела, номер выработки, место отбора пробы в выработке, краткая характеристика минерального состава опробованной руды или породы, способ отбора пробы, ее сечение и длина в сантиметрах, расчетная и фактическая масса пробы в килограммах, результаты анализов на золото и сопутные компоненты.

На стадиях предварительной и детальной разведки месторождений наряду с геологическим опробованием отбирают малые и большие технологические пробы с целью выявления количественной и качественной характеристики руд. Выбор мест отбора этих проб основывается на результатах систематического опробования и массовой геологической документации. От того, насколько добросовестно и квалифицированно зафиксированы геологические наблюдения, зависит представительность технологических проб, каменный материал которых должен точно соответствовать определенным типам руд со средними качественными показателями по их вещественному составу, структуре и текстуре. В этом случае наиболее целесообразно использовать фотодокументы по горным выработкам и керну, особенно для месторождений со сложной морфологией и неоднородным строением рудных тел.

Геологическая документация неразрывно связана с отбором технологических проб, выполняя при этом роль контрольного документа. Геолог дважды (для передней и задней стенок выемки) подробно зарисовывает (фотографирует) и описывает строение рудных тел, их размеры, соотношение руд и вмещающих пород (внутри рудных тел или в зальбандах) на площади сечений выемочного пространства.

В зависимости от выбранной методики отбора и массы технологических проб объектами документации являются: забой прослеживающих выработок, небольшие врезы (ниши) в боковых стенках секущих выработок; стенки восстающих; ленты блоков; стенки, кровля и забой специальных выработок — ортов, расщелин и очистных камер. Масштаб документов по технологическим пробам должен соответствовать размеру рудных тел и быть крупнее масштаба массовой геологической документации, т. е. 1:25, 1:20, 1:10. Вместе с отображением геологической ситуации на зарисовках (и фотодокументах) должны быть показаны места отбора дополнительных (контрольных) геологических проб. При сложном строении рудных тел или неоднородном минеральном составе документацию мест отбора этих проб выполняют в масш-

табе 1:5, чтобы иметь подробную геологическую информацию непосредственно в пределах борозды.

Если в технологические пробы поступает керн из специально пробуренных скважин, то выполняется его обычная, массовая, геологическая документация. Фотодокументацию керна в стандартных ящиках следует дополнить фотоснимками отдельных образцов керна в масштабе 1:1, характеризующих породы всего рудного интервала, поступающие в сквазную пробу, которая предшествует отбору технологической. Количество фотографируемых образцов должно соответствовать встреченным разновидностям руд. Геологическая документация малых и больших технологических проб должна находиться в паспортах, содержащих всю техническую информацию по отбору проб.

7.5. ОБРАБОТКА И ОБОБЩЕНИЕ ДАННЫХ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ

К началу предварительной и особенно детальной разведки накапливается значительное количество геологических данных по месторождению и отдельным участкам. Поэтому изучение месторождения на каждой стадии разведки начинают с обобщения и анализа предшествующих материалов и на основании полученных выводов производят доизучение всех невыясненных геологических вопросов.

На предварительной и детальной стадиях разведки обобщению данных геологической документации также предшествует тщательная лабораторная обработка каменного материала с проведением значительного объема петрографических и минералогических, геохимических и геофизических исследований. На основе этих результатов критически пересматриваются данные первичной геологической документации и при необходимости корректируются.

Вся геологическая информация, содержащаяся в журналах документации, переносится в дальнейшем на карты, планы и разрезы масштаба 1:200 или 1:500, имеющие топографическую основу. Эти сводные документы фактического геологического материала составляются по стандартным образцам планшетов, снабженных координатными метками. Они должны иметь строгую систему нумерации и содержать схему ее расположения в мелком масштабе.

При составлении карт поверхности на топографическую основу наносят контуры площадей естественных обнажений, поверхностные горные выработки (канавы, траншеи, колуши, дудки, шурфы), устья картировочных, разведочных и структурных скважин (в случае значительного наклона они изображаются в виде вектора в масштабе горизонтальной проекции); устья подземных горных выработок — шахт, глубоких шурфов, штолен, а также проекции основных подземных выработок (пунктирными линиями).

При составлении погоризонтных планов наносят горизонтальные проекции всех подземных горных выработок данного горизонта — штольни, штреки, квершлагги, расщелины, орты, горизонтальные

Буровые скважины (для наклонных скважин обозначают их устья и горизонтальные проекции), устья шахты, восстающих выработок, вертикальных скважин подземного бурения.

Составление разрезов предусматривает нанесение рельефа поверхности, буровых скважин, восстающих и горизонтальных горных выработок, лежащих в плоскости разреза; при необходимости на эти разрезы в соответствии с правилами горной геометрии выносятся также выработки и скважины, лежащие за плоскостью разреза.

Нумерация нанесенных на план выработок должна строго соответствовать каталогу геологоразведочных выработок.

В процессе переноса геологических данных с журналов документации на сводные графические материалы имеет место многократное уменьшение масштаба изображения геологических объектов (в 5—20 раз), что обуславливает значительную генерализацию границ и деталей внутреннего строения геологических объектов, в первую очередь малых размеров. На графике особенно важно сохранить характерные черты морфологии и строения рудных тел, используя наиболее наглядные условные обозначения, специально разработанные для построения сводных графических геологических материалов.

В целях облегчения дальнейшей работы по обобщению геологических данных, в частности по увязке и оконтуриванию рудных тел или сортов руд, составляются планы опробования, на которые наносят: места отбора и номера всех геологических проб, причем указываются длины отдельных секций и содержания золота (или золота и серебра) по результатам анализов.

Карты фактического геологического материала систематически пополняются по мере проходки новых разведочных выработок и накопления геологических наблюдений. Главная цель их составления — наиболее полное отражение всего комплекса произведенных геологических наблюдений с минимальными элементами интерпретации, что позволяет осуществлять геологические построения в различных вариантах (пользуясь калькой-накладкой) и проверять обоснованность геологических обобщений на сводных материалах.

Для наглядного отображения пространственных представлений о строении месторождения, а также в целях более детального анализа и обобщения геологической информации следует применять метод объемного моделирования. Техника изготовления таких моделей и методика работы с ними подробно описаны в специальной литературе.

7.6. ОФОРМЛЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОТЧЕТОВ В ГКЗ СССР

Согласно специальной Инструкции ГКЗ СССР в состав документов, прилагаемых к отчету по подсчету запасов полезных ископаемых, представляемых для рассмотрения и утверждения в Государственную комиссию при Совете Министров СССР (ГКЗ СССР) и

территориальные комиссии (ТКЗ), входит значительное количество материалов первичной геологической документации по разведочным выработкам и скважинам. Эти материалы представляются только на время рассмотрения подсчета запасов в подлинниках, т. е. только в одном экземпляре. Сюда входят зарисовки или фотосхемы с описаниями горных выработок и колонки с описанием скважин, пройденных по опорным геологическим профилям и используемых для оконтуривания подсчетных блоков. Все геологические документы должны содержать данные опробования.

Необходимый объем предъявляемых документов определяется авторами отчета и зависит от сложности геологического строения месторождения. Наиболее полно представляют первичную документацию по месторождениям, запасы которых впервые рассматриваются и утверждаются в ГКЗ СССР (или ТКЗ), а также по тем участкам месторождения, для которых подсчитаны запасы высоких категорий.

Представленные материалы должны подтверждать обоснованность выводов о геологических особенностях месторождения, морфологии рудных тел и их внутреннем строении, а также о качестве опробования — правильности расположения борозд и длине отдельных секций, качестве выбитых борозд, состоянии kernового материала, взятого в пробу, и т. д. Зарисовки (фотодокументы) сопровождают текст отчета для иллюстрации отдельных фрагментов геологического строения месторождения, особенностей состава и строения рудных тел, взаимоотношений рудных тел с вмещающими породами, дайками, элементами тектоники и т. д.

Рекомендуется сопровождать текст отчета детальной документацией участков выработок в местах взятия проб, отличающихся высокими (ураганным) содержаниями золота, что позволит более уверенно судить о представительности результатов опробования. Необходимо прилагать также зарисовки (фотодокументы) выработок (забоев, стенок), в которых проводилось контрольное и технологическое опробование.

Подсчет запасов проводится после завершения каждой стадии геологоразведочных работ. Наиболее важное значение он имеет по окончании детальной разведки, когда месторождение передается в промышленное освоение. Способы подсчета запасов на рудных месторождениях и вычисления подсчетных параметров достаточно полно описаны в многочисленных руководствах [16, 20, 21, 23, 30, 37, 41], в связи с чем в настоящей главе рассмотрены лишь те способы, которые наиболее часто применяются на золоторудных месторождениях. В ней отражены также вопросы использования данных опробования при подсчете запасов, представительности материалов бурения, оконтуривания и категоризации запасов, прогнозной оценки месторождений, подсчета запасов по категории C_2 , применения коэффициентов для введения в подсчетные параметры.

8.1. СПОСОБЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ РАЗЛИЧНЫХ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ ТИПОВ

При подсчете запасов устанавливается: количество руды и содержащихся в ней золота и попутных компонентов; качественная характеристика руд и подразделение их на типы; пространственное размещение золота по месторождению в целом, отдельным его участкам и рудным телам; распределение запасов по категориям разведанности. Подсчет запасов позволяет выявить геолого-экономическую эффективность разведки месторождения соответствующего морфологического типа.

Выбор способа подсчета запасов на золоторудных месторождениях определяется морфологическим типом и мощностью рудных тел, их условиями залегания, характером распределения золота, а также техническими способами, системой и плотностью сети разведки. Наиболее употребляемые и рекомендуемые способы подсчета запасов следующие: геологических или эксплуатационных блоков; вертикальных и горизонтальных параллельных сечений.

Способ геологических или эксплуатационных блоков применяется при подсчете запасов линейно-вытянутых маломощных (до 3 м) рудных тел (жилы, жилообразные залежи, жильные зоны). Границы разведанной части рудного тела в зависимости от условий его залегания и пройденные в нем выработки и скважины при этом способе отображаются на продольной проекции рудного тела на вертикальную, горизонтальную или наклонную плоскость.

Плоскостью проекции при горизонтальном или пологом залегании рудных тел служит горизонтальная плоскость (план), при крутом — вертикальная плоскость, параллельная простиранию рудного тела. Угол между плоскостью проекции и истинным положением рудного тела в направлении простирания или падения не должен

превышать 20° , в противном случае необходимо вводить поправку на непараллельность проекции и рудного тела.

При пологом залегании рудного тела, когда оно спроектировано на плоскость, не параллельную рудному телу, истинную площадь определяют по формуле: $S = S_1 / \cos \alpha$, где S_1 — проекция площади рудного тела; α — угол между плоскостью падения рудного тела и плоскостью, на которую оно спроектировано.

При разведке линейно-вытянутых крутопадающих маломощных рудных тел результаты разведочных работ для подсчета запасов оформляются на продольной вертикальной проекции рудного тела (см. рис. 1—3). Отстраиваемые при этом поперечные разрезы имеют вспомогательное значение и предназначены для понимания особенностей строения рудных тел и характера распределения в них золота, увязки рудных тел между разрезами. Результаты разведки пологозалегающих маломощных рудных тел выносятся на их проекции на горизонтальную плоскость (см. рис. 8) или плоскость данных рудных тел, а также на вспомогательные разрезы.

На погоризонтные планы наносятся данные опробования горных выработок, на продольные проекции — все разведочные выработки прослеживания (штреки, восстающие, проекции секущих горных выработок (канавы, расщепки, орты) и скважин. Графические построения при этом способе подсчета сводятся к оконтуриванию рудного тела с выделением подсчетных блоков в пределах его общего контура, границы которых в зависимости от имеющейся разведочной сети могут не совпадать с границами эксплуатационных блоков (подсчет на основе геологических блоков) или совпадать с ними (подсчет на основе эксплуатационных блоков).

В основу подсчета способом геологических и эксплуатационных блоков положено выделение и оконтуривание подсчетных блоков по степени изученности и близким значениям основных геолого-промышленных параметров (мощности, содержанию, условиям залегания). При подсчете запасов этим способом блоки выделяются и оконтуриваются применительно к возможным системам вскрытия и отработки месторождения. Данный способ позволяет с максимальной обоснованностью при соответствующей степени разведанности блока определить средние подсчетные параметры.

Способ эксплуатационных блоков можно рассматривать как частный случай способа геологических блоков. Под блоками в данном случае понимаются отдельные части рудного тела, оконтуренные горными выработками (штреками и восстающими) с четырех или трех сторон и соответственно детально опробованные. Обе разновидности этого способа подсчета основаны на одном и том же принципе и применяются в одинаковых геологических условиях.

При разведке маломощных линейно-вытянутых рудных тел, вписывающихся в сечение выработки прослеживания, получают большой объем разведочных данных, что обеспечивает надежность определения основных подсчетных параметров при подсчете запасов способом геологических блоков. Большой объем геологических наблюдений и данных опробования в выработках, ограничивающих

каждый эксплуатационный блок с четырех сторон (штреки, восстающие), способствует подсчету запасов высоких категорий.

При относительно небольшом объеме геологических наблюдений и опробования, вызванном проходкой через соответствующие расстояния секущих горных выработок, обеспечивающих полное пересечение рудного тела по мощности, подсчет осуществляется способом геологических блоков. В этом случае в подсчетный блок включаются достаточно большие объемы руд, характеризующиеся близкими уровнями мощности рудного тела и содержания золота в пределах одного, реже двух-трех этажей.

Использование того или иного рассматриваемого способа подсчета запасов зависит от вида разведочных выработок, их расположения и плотности сети. Оба способа подсчета характеризуются одинаковыми графическими построениями и вычислительными операциями. Одинаковы и формулы для запасов руд и металла.

Для определения объема руды в подсчетном блоке измеряется его площадь на продольной проекции и вычисляется средняя мощность рудного тела по результатам замеров в выработках. Для получения запасов руды и металла устанавливаются среднее содержание золота на основе данных опробования полных пересечений рудного тела на всю его мощность и средняя величина объемной массы соответствующего типа руд в данном блоке.

Объем руды V в подсчетном блоке определяется как произведение площади блока S на вычисленную среднюю мощность m рудного тела, т. е. $V = S \cdot m$. В тех случаях, когда линейные (бороздовые) пробы располагаются не перпендикулярно к мощности разведываемого рудного тела, а горизонтально, вводить поправки на угол проекции при вычислении средней мощности по блоку и площади не требуется.

Произведение объема руды в блоке V на установленную среднюю величину объемной массы d соответствует запасу руды в блоке, т. е. $Q = V \cdot d$. Запасы металла в блоке устанавливаются из выражения: $P = Q \cdot c$, где c — среднее содержание золота. Результаты вычисления средней мощности, содержания и запасов по отдельным эксплуатационным блокам записываются в формуляры.

Общие запасы руды и золота в рудном теле определяются путем суммирования запасов, подсчитанных по отдельным блокам. Подсчет запасов указанными способами, как правило, осуществляется в такой последовательности.

1. Выработки, пройденные при разведке рудного тела, проектируются на вертикальную, наклонную или горизонтальную плоскость, ориентированную параллельно его простиранию.

2. На основе опробования и геологической документации горных выработок на продольной проекции строится общий подсчетный контур запасов и устанавливаются границы отдельных блоков.

3. На продольной проекции измеряется площадь подсчетных блоков путем планиметрирования или разбивки блоков на правильные геометрические фигуры.

4. На основе геологического опробования и документация опре-

деляются средние мощности рудного тела и средние содержания металла по отдельным разведочным сечениям и блокам.

5. По частным определениям объемной массы руды вычисляют ее среднюю величину для всего месторождения, отдельных рудных тел или группы блоков, представленных различным типом руд.

6. Осуществляется подсчет запасов руды и металла в блоках. Основное достоинство способа геологических и эксплуатационных блоков — относительная простота и скорость графических построений и вычислительных операций, тесная увязка их с системой разведки. Однако этот способ не обладает достаточной наглядностью о характере и деталях распределения золота в рудном теле, в связи с чем составляются дополнительные специальные разрезы и другие графические материалы.

Подсчет запасов способами вертикальных или горизонтальных параллельных сечений (разрезов) применяется в основном при разведке золоторудных месторождений, представленных телами значительной мощности и простирания (жильные и минерализованные зоны, штокверки, линзовидные залежи).

Разведка пологих и крутопадающих рудных тел большой мощности наклонными скважинами, расположенными в системе поперечных разведочных линий, определяет целесообразность подсчета запасов способом вертикальных сечений. При разведке крутопадающих рудных тел подземными горизонтальными секущими горными выработками и горизонтальными скважинами создаются наиболее благоприятные условия для подсчета запасов способом горизонтальных сечений. Предпочтение следует отдавать тому способу, который позволяет наиболее полно отразить геологические особенности разведываемого месторождения. Иногда используется сочетание способов вертикальных и горизонтальных сечений. Принципы подсчета запасов способами вертикальных и горизонтальных сечений практически одинаковы.

В процессе разведки месторождения, запасы которого будут подсчитываться способом параллельных сечений, проходку разведочных горных выработок и бурение скважин следует осуществлять по возможности по параллельным линиям, а выработки располагать равномерно. Горные выработки и скважины должны полностью пересекать рудные тела. Способ параллельных сечений дает возможность подсчитывать запасы при крайне сложных контурах тел, наличии перемежающихся рудных и безрудных прослоев.

При оформлении результатов разведки линейно-вытянутых рудных тел большой мощности (месторождения типа жильных и минерализованных зон) для подсчета запасов составляются планы горизонтов, разведанных горными выработками, продольная вертикальная проекция и поперечные разрезы.

Запасы месторождений, представленных рудными телами большой мощности (крутопадающие линзовидные рудные тела или жильные зоны), подсчитываются на поперечных вертикальных разрезах (сечениях), построенных по разведочным линиям. При этом продольные вертикальные сечения служат вспомогательным мате-

риалом для увязки поперечных сечений между собой. На основе этих графических материалов, рудное тело разбивается на подсчетные блоки, границы которых изображаются во всех трех проекциях: на погоризонтных планах, продольной проекции и поперечных разрезах. Подсчет запасов штокерков, разведанных параллельными сечениями, оформляется так же, как и линзовидных рудных тел.

В случае подсчета запасов способом вертикальных сечений на основании данных по выработкам (скважинам) для каждой разведочной линии строятся геологические разрезы, на которых отображают рудное тело и вмещающие породы. На вертикальных поперечных сечениях контур рудных тел проводится по результатам геологической документации, опробования скважин и выработок.

При этом способе подсчета границами блоков запасов категорий В и С₁ служат смежные поперечные сечения (поверхность и горизонтальные сечения). Контуров блоков на планах поверхности и горизонтальных сечениях отстраиваются по данным вертикальных поперечных сечений рудных тел. Обычно блоки выделяются между двумя сечениями, но в ряде случаев при густой сети выработок возникает необходимость включения в блок нескольких сечений. При большой протяженности рудных тел по падению блоки, ограниченные двумя сечениями, оказываются очень крупными, и когда выявлены изменения по вертикали в характере распределения золотого оруденения или морфологии рудного тела, их целесообразно разбить на несколько самостоятельных блоков.

При подсчете запасов горизонтальными сечениями по каждому разведочному горизонту составляется погоризонтный план (горизонтальный разрез), на который наносятся все выработки с результатами геологической документации и опробования. На основе геологической документации на погоризонтных планах отрисовываются рудные тела, выделяются типы руд, указываются вмещающие породы и главные структурные элементы. По результатам опробования устанавливаются контуры промышленных и непромышленных золотых руд.

Одновременно с горизонтальными разрезами составляются продольная вертикальная проекция рудного тела и ряд поперечных вертикальных разрезов. Они не используются при подсчете запасов, но имеют вспомогательное значение и позволяют уточнить морфологию рудных тел, характер изменения оруденения по простиранию, падению и мощности. Это дает возможность разделять рудное тело на подсчетные блоки, границы которых отражаются на планах продольной проекции и поперечных разрезах. При однородном характере оруденения и одинаковой плотности сети выработок в двух ближайших горизонтальных разрезах (сечениях) промышленную часть рудного тела, лежащую между этими разрезами, часто относят к одному подсчетному блоку.

После того как установлены и нанесены на горизонтальные разрезы (погоризонтные планы) границы подсчетных блоков, определяется среднее содержание золота и полутных компонентов по

выработкам и скважинам в границах блоков на горизонтальном или вертикальном разрезе.

Способ подсчета запасов вертикальными и горизонтальными сечениями обладает рядом преимуществ, однако имеет и недостатки. Основное преимущество — подсчет запасов опирается на конкретные геологические разрезы или погоризонтные планы, при построении которых учитываются геологические особенности месторождения и отдельных рудных тел, а также все данные разведки. Главным недостатком подсчета запасов способом вертикальных сечений — возможность его применения только на месторождениях, разведанных по профилям.

Способ параллельных горизонтальных сечений очень удобен при подсчете запасов рудных тел неправильной формы и малого размера (гнездообразные, трубчатые тела), разведанные в основном горизонтальными горными выработками и горизонтальными скважинами. Запасы руды и золота определяются при этом способе раздельно для каждого из выделенных блоков. Общие запасы по рудному телу устанавливаются суммированием запасов по отдельным блокам. В данном случае результаты разведки для подсчета запасов оформляются на погоризонтных планах. По каждому рудному телу составляются также продольные или поперечные разрезы для характеристики морфологии рудных тел.

В случае параллельного расположения разведочных линий определение объема руды в блоках между двумя сечениями для обеих разновидностей подсчета запасов сечениями (вертикальными или горизонтальными) осуществляется одинаково, по одним и тем же формулам.

При вычислении объема руды должны быть учтены различия в размерах площади рудного тела по сечениям (разрезам), ограничивающим блок. В том случае, когда площади рудного тела в параллельных сечениях близки по размерам, объем руды может быть определен по формуле подсчета объема призмы

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot l,$$

где V — объем руды в блоке, м³; l — расстояние между сечениями, м; S_1 и S_2 — площади рудного тела в сечениях, м².

Если площади рудного тела в ограничивающих блок сечениях резко отличаются друг от друга (более чем на 40%), то объем определяется по формуле подсчета объема усеченной пирамиды

$$V = \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 \cdot S_2}}{3} \cdot l.$$

Когда блоки опираются только на одно сечение (крайние блоки), объем может быть определен в зависимости от характера выклинивания рудного тела по формуле подсчета объема клина, конуса или усеченной пирамиды.

Приведенные формулы для определения объема блока применяются тогда, когда линии разведочных выработок или горизонты

располагаются параллельно. Если разведочные сечения непараллельны, то объем блока подсчитывается по следующим формулам: угол между сходящимися разрезами менее 10°

$$V = \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}$$

угол более 10° $V = \frac{\alpha}{\sin \alpha} \cdot \frac{S_1 + S_2}{2} \cdot \frac{H_1 + H_2}{2}$

где V — объем блока между разрезами, m^3 ; S_1 и S_2 — площади рудного тела в сечениях, m^2 ; H_1 и H_2 — расстояния по перпендикулярам, восстановленным соответственно к центру тяжести сечения до пересечения с соседним сечением, m ; α — угол между сечениями.

При разведке месторождений по разведочным линиям случаи резко непараллельного расположения разрезов встречаются обычно нечасто и количество блоков, для определения объемов которых требуется применение специальных формул, незначительно.

Для получения запаса руды выявленный одним из существующих способов объем рудного тела в блоке умножается на величину объемной массы руды. При подсчете запасов золота необходимо определение среднего его содержания для каждого блока отдельно. Если блок ограничен двумя сечениями, то обычно для определения среднего содержания золота по блоку сначала выявляют средние содержания для каждого сечения, а затем принимают среднее по двум сечениям.

Значения среднего содержания золота для каждого блока, умноженные на запасы руды в блоке, и будут соответствовать запасам металла в каждом блоке. Суммируя запасы руды и золота по отдельным блокам, устанавливаются запасы по всему рудному телу.

Ошибки, допущенные при разведочных работах, а именно: неправильная ориентировка, бессистемное и неравномерное расположение выработок по рудному телу, большие непредусмотренные искривления скважин, низкий выход керна, недостаточно плотная сеть опробования и неполное пересечение пробами рудного тела, систематические погрешности опробования и анализа проб, некачественная геологическая документация значительно снижают надежность подсчета запасов. В одних случаях они могут быть учтены соответствующими приемами и их влияние сведено до минимума, в других — их устранение на стадии подсчета запасов практически невозможно. В целом же допущенные ошибки снижают геолого-экономическую эффективность геологоразведочных работ.

При неправильной ориентировке сети выработок в значительной степени искажается представление о внутреннем строении месторождения в целом, отдельных рудных тел и их морфологии.

Неравномерное расположение выработок в пределах рудного тела приводит к различной степени его разведанности. Для создания более равномерной сети выработок приходится объединять сближенные пересечения и использовать в дальнейшем средние показатели мощности и содержания по ним как самостоятельные пересечения. В этом же случае нередко возникает необходимость

учета зоны влияния отдельных пересечений для расчета средних показателей по рудному телу, что не позволяет наиболее полно характеризовать распределение мощности и содержания на отдельных участках рудного тела.

При бессистемном чередовании в пределах рудного тела участков, заметно отличающихся плотностью разведочной сети, общая разведанность рудных тел, несмотря на большое количество разведочных пересечений, может оказаться недостаточной для квалификации запасов по категориям В и C_1 .

Искривления скважин вызывают неодинаковую плотность разведочной сети на различных участках месторождения и приводят к косым пересечениям рудных тел. При этом возникают затруднения в увязке рудных пересечений как в плоскости подсчетных геологических разрезов, так и между ними. С целью избежания ошибок, связанных с искривлением скважин, делаются дополнительные довольно трудоемкие расчеты и построения. В случае больших искривлений скважин от заданного направления (особенно азимутальных) информация по рудным телам об их геологическом строении и мощности, а также содержания в них полезных компонентов, привязанная к плоскости подсчетных разрезов, характеризуется значительной долей условности и часто не может быть использована для подсчета запасов.

Низкий выход керна снижает надежность опробования по скважинам. В пределах контуров блоков с балансовыми запасами ошибки, возникающие за счет низкого выхода керна, могут быть в той или иной мере учтены при подсчете запасов, если в этих же контурах пройдены горные выработки. При отсутствии горных выработок реально существующие рудные интервалы не всегда могут быть установлены в связи с избирательным истиранием руды. Это приводит к неоправданному отнесению части запасов в забалансовые. Кроме того, в данном случае возникает неоднозначность в увязке рудных пересечений в единые рудные тела, приводящая к неправильной оценке всего месторождения.

Использование данных опробования при подсчете запасов

При подсчете запасов для получения надежных результатов важно правильно использовать данные опробования. От этого во многом зависит получение надежной и полной информации как о содержании золота в рудах, так и о границах промышленных руд при разведке рудных тел, не имеющих четких геологических границ. В процессе подсчета запасов необходимо использовать результаты лишь тех проб, которые пересекают рудное тело на всю мощность — от висячего до лежащего бока. Если разведка жильных рудных тел малой мощности, вписывающихся в сечение выработок и имеющих четкие геологические границы, осуществляется горными выработками прослеживания (штреки), то в подсчет запасов вводятся сквозные пробы по забоям. Пробы, отобранные по штреку, пройденному по простиранию рудного тела, мощность которого

превышает ширину горной выработки, не должны учитываться при подсчете запасов, если из штрека не пройдены рассечки для опробования рудного тела на всю его мощность. Это делается во избежание возможного искажения содержания золота в руде за счет учета проб, характеризующих лишь отдельные обогащенные или обедненные участки рудного тела по простиранию. В данном случае при подсчете запасов используются лишь результаты опробования рассечек, полностью пересекающих рудное тело по мощности от всячего до лежащего бока.

При разведке рудных тел секущими горными выработками (рассечками, квершлагами, ортами) и горизонтальными скважинами, пробуренными вкrest их простирания, каждое опробованное сечение при подсчете запасов принимается в расчет на равных основаниях при равномерной сети опробования. В случае разведки мощных рудных тел, промышленные контуры которых определяются только на основе геологического опробования, как исключение, при подсчете запасов могут использовать результаты опробования единичных горных выработок, не пересекающих рудное тело на всю мощность, но характеризующих большую его часть. Это позволяет привлечь при подсчете запасов дополнительные первичные данные, необходимые для надежного определения содержания золота в руде.

Для подсчета запасов не рекомендуется использовать данные опробования выработок, характеризующих оруденение в разных направлениях. Средние показатели содержания золота в рудах не следует устанавливать по пробам, отобранным в выработках, пройденных во взаимно перпендикулярных направлениях (в штреках и рассечках, рассечках и восстающих). При разведке рудных тел, вписывающихся в сечение горных выработок и равномерно рассеченных по простиранию восстающими на эксплуатационные блоки, оправдано введение в подсчет запасов данных опробования по восстающим.

Если по рудному телу пройдены лишь отдельные (единичные) восстающие без соблюдения системы проходки через определенные интервалы (60—120 м), во избежание ошибок за счет случайного пересечения восстающими обогащенных участков рудного тела не рекомендуется использовать данные опробования по восстающим наравне с данными рядовых проб, отобранных по штрекам. В этом случае при подсчете запасов допускается введение средних данных опробования по восстающему, приравненных к результату рядовой сквозной пробы по штреку или к среднему результату по отдельному сечению.

Если запасы в блоках маломощных рудных тел подсчитываются по результатам опробования горных выработок и разведочных скважин, то совместное применение данных опробования в расчетах оправдано лишь тогда, когда средние данные по скважинам и горным выработкам (мощность, содержание золота) существенно не отличаются друг от друга, и надежность результатов по скважинам установлена. Если при этом количество опробованных сече-

ний в штреке в пределах подсчетного блока может быть признано соизмеримым с количеством рудных пересечений по скважинам, то средние показатели содержания золота и мощности могут быть определены в границах блока исходя из данных опробования штрека и скважин.

В том случае, когда данные опробования по горным выработкам (штрекам или рассечкам) показывают более высокие средние содержания по отношению к средним содержаниям по скважинам, пробуренным по падению рудного тела ниже горизонта горных выработок и это невозможно объяснить, то средние показатели содержания и мощности в нижележащем блоке, ограниченном скважинами, определяются также по данным опробования горных выработок и скважин. Если в рудном теле по данным опробования скважин выявлены более высокие содержания золота, чем по данным опробования горных выработок, то на блок, оконтуренный горной выработкой и скважинами, распространяются средние показатели (мощность, содержание) по данным опробования горной выработки (штреку, рассечкам).

При подсчете запасов по маломощным линейно-вытянутым рудным телам, разведанным по простиранию штреком, а по падению небольшим количеством скважин, последние используются в основном для оконтуривания блоков категории С₁. Данные опробования каждой скважины при этом вводятся в расчет для определения средней мощности и содержания наравне с данными сквозных проб, отобранных в штреке по забоям. В этом случае из-за резкого преобладания количества проб, взятых в горных выработках, на подсчетный блок, оконтуренный по падению скважинами, практически распространяются средние показатели содержания и мощности, установленные по данным опробования штрека.

Когда подсчет запасов осуществляется по мощным рудным телам, разведанным вертикальными параллельными сечениями, среднее содержание определяется в каждом разведочном сечении по данным опробования горизонтальных или вертикальных горных выработок (каналы, орты, шурфы) и скважин, пересекающих рудное тело. При этом горные выработки и скважины должны равномерно размещаться в пределах рудного тела. Для определения среднего содержания по сечению в этом случае все пробы по выработкам и скважинам используются на равном основании.

Если при разведке выработки в рудном теле размещены неравномерно, то среднее содержание по каждой из них определяется отдельно; среднее содержание в подсчетном блоке устанавливают с учетом влияния каждой выработки или же выделяются блоки, характеризующиеся одинаковой степенью разведанности.

При разведке вертикальными или наклонными скважинами мощных рудных тел (минерализованные зоны, штокверки), имеющих большую площадь поперечного сечения и значительный размах оруденения по вертикали, данные опробования скважин могут учитываться полностью независимо от полноты пересечения ими рудных тел.

8.2. ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ТЕЛ В РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТКАХ

В основу определения контура золоторудных тел в пределах каждой отдельно взятой горной выработки положены представления о характере распределения золота в рудном теле и рудовмещающих породах. Пересечение рудного тела разведочной выработкой на полную мощность обязательно. Если рудное тело имеет четкие границы с вмещающими породами и последние не содержат золота, то оконтуривание со стороны висячего и лежащего боков его производят по геологически обоснованным опорным точкам, визуально наблюдаемым в горных выработках и по керну; в ряде случаев используют геофизические методы.

Содержание золота устанавливается с учетом данных всех проб, отобранных на полную мощность рудного интервала. Балансовое сечение должно удовлетворять условиям и по содержанию, и по мощности. Для маломощных рудных тел промышленное значение сечения определяется по метрограмму при условии соответствия уровня содержания золота установленным кондиционным лимитам.

Иногда породы в зальбандах маломощных рудных тел содержат золото и по своим показателям соответствуют промышленным рудам. В таких случаях они включаются в общий контур балансовых запасов. Граница их проводится по пробам с кондиционным содержанием и выносится на разрезы, погоризонтные планы и проекции наряду с естественными геологическими границами рудных тел.

На отдельных месторождениях типа минерализованных зон рудные тела хотя и имеют геологические границы, но визуально выделяются с большим трудом и в основном только по горным выработкам. Внутреннее строение таких рудных зон сложное и характеризуется неравномерностью распределения различных по составу рассланцованных и гидротермально измененных пород с вкрапленной и прожилково-вкрапленной золоторудной минерализацией. Минерализация в подавляющем большинстве случаев не выходит за пределы геологических границ. Однако в непосредственной близости от рудных тел часто располагаются сопряженные, маломощные и практически безрудные зоны, по внешнему виду похожие на основные рудные тела. Эти безрудные зоны устанавливаются по данным опробования выработок и не включают в контур промышленных руд.

Определение естественных границ в горных выработках хотя и сопряжено с некоторыми трудностями, но вполне возможно при тщательных геологических наблюдениях. Границы устанавливаются по комплексу геологических и минералогических признаков исходя из особенностей строения и элементов залегания рудовмещающих структур с учетом данных опробования.

В скважинах выделить геологические границы не всегда удается. Это обусловлено истиранием керна, отсутствием возможно-

сти массовых замеров (наблюдений) элементов залегания рудовмещающих структур и детального изучения внутреннего строения рудных тел. Поэтому оконтуривание рудных тел по мощности в скважинах производится по бортовому содержанию, установленному на основе анализа распределения содержаний золота в рудных телах по данным горных выработок.

Оконтуривание одного и того же рудного тела по геологическим границам в пределах горных выработок и одновременно по бортовому лимиту в скважинах вполне правомерно, так как позволяет более полно учесть запасы и квалифицировать их в ряде случаев (когда геологические границы по керну не могут быть установлены надежно) по более высокой категории.

При пересечении рудных тел различных направлений, имеющих геологические границы, нередко наблюдается резкое увеличение их мощности: возрастает и уровень содержания золота. В одних случаях пытаются выделить естественные границы различных рудных тел и в их пределах определяют мощность и содержание; в других — данные, полученные в местах сопряжения различных тел, не учитывают при расчете средних содержаний и мощностей для подсчетных блоков. Использование параметров подобных пересечений при подсчете запасов возможно только при отсутствии увеличения содержания золота и мощности в узлах пересечения рудных тел, так как даже правильное проведение границ не может гарантировать от существенных погрешностей в определении подсчетных показателей. В данных условиях рудные пересечения следует исключать из подсчета запасов.

Нередко основные рудные тела со стороны их лежащего или висячего бока осложняются трещинами, к которым за пределами естественных границ рудного тела приурочены пробы с высоким содержанием золота (рис. 68). Если установлено, что оперяющие трещины и рудные тела не принадлежат к одним и тем же струк-

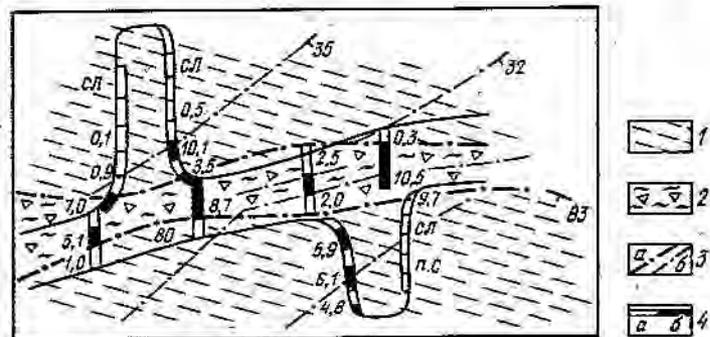


Рис. 68 Схема определения границ рудного тела в условиях редкой оперяющей трещиноватости.

1 — вмещающие породы; 2 — рассланцованные, гидротермально измененные оруденные породы; 3 — тектонические трещины (а — являющиеся границами рудного тела, б — оперяющие и внутрирудные); 4 — опробование выработок (а — некондиционные, б — кондиционные пробы)

турным элементам и отличаются условиями залегания и т. д., то такие пробы также не следует включать в контур рудного тела. Их учет при формальном оконтуривании на основе бортового содержания и допустимой мощности прослоев пустых пород может привести к появлению нехарактерных раздувов мощности, усложняющих морфологию рудного тела и приводящих к необоснованному приросту запасов руды.

На месторождениях, где переход от промышленных руд к пустым породам постепенный и руды внешне не отличаются от вмещающих пород, границы балансовых руд определяются только по результатам опробования. В этих случаях особенно важно, чтобы пробы отбирались непрерывно по всей мощности оруденения зоны, а длина интервала опробования была соизмерима с ожидаемой минимально допустимой рабочей мощностью и кратна ожидаемой мощности пустых прослоев, включаемых в контур промышленных руд.

Границы промышленных руд при отсутствии четких ограничений между рудным телом и вмещающими породами определяются, как правило, в условиях случайных колебаний содержания по совокупности смежных проб и на основании бортового содержания золота в пробах путем последовательного приращивания интервалов руд с более низкими содержаниями к более богатым интервалам рудного тела. Проведение контура по крайней пробе с бортовым содержанием без учета геологических особенностей распределения оруденения в приращиваемом участке может привести к включению в рудное тело непромышленных запасов или к переводу явно балансовых руд в разряд забалансовых.

В предлагаемом примере (рис. 69) контур рудного тела следует ограничить пробой с содержанием 4,5 усл. ед., так как последовательное приращивание слева направо дает содержание на приращиваемый интервал не ниже установленного бортового значения (2 усл. ед.). В то же время проведение границы по пробе с содержанием 2,1 приведет к включению в контур рудного тела практически безрудных вмещающих пород.

При определении границ рудного тела по мощности в горных выработках, опробованных по двум стенкам или двумя сечениями проб по одной стенке, рекомендуется спрамлять границу по данным опробования двух стенок или сечений. При этом необходимо учитывать геологические и минералогические особенности строения рудных тел. Проводить границы их контуров следует согласно с направлением основных рудолокализирующих элементов. Резко секущий контур промышленных руд должен быть надежно обоснован. При отсутствии геологических предпосылок следует избегать подобной ориентировки рудных тел.

Недопустимо использование при оконтуривании так называемого «плавающего борта», т. е. различных значений бортового содержания в пределах одного рудного тела, подсчетного блока или отдельной выработки. Применение плавающего борта обычно объясняется стремлением перевести в число балансовых запасы от-

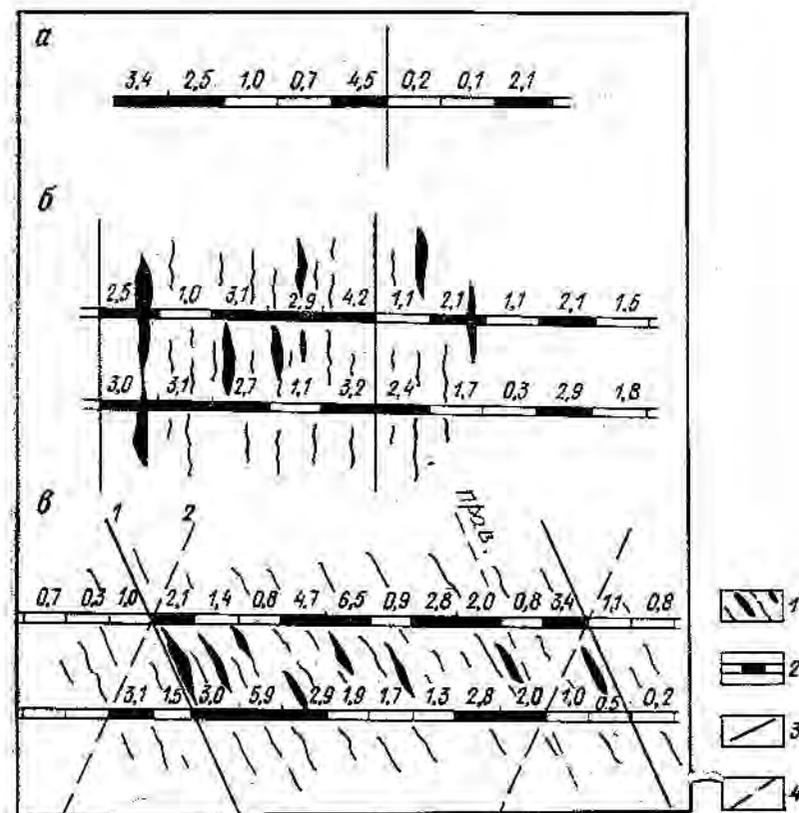


Рис. 69. Оконтуривание промышленных руд по мощности при отсутствии четких геологических границ.

1 — жильно-прожилковая зона; 2 — бороздковые пробы; 3 — правильно выделенные границы; 4 — неправильно выделенные границы

дельных частей рудных тел и даже целых блоков, среднее содержание в которых ниже минимально промышленного значения при использовании определенного кондиция бортового лимита. Это делается путем исключения из подсчетного контура наиболее бедных краевых проб за счет искусственного поднятия уровня бортового содержания. Произвольное изменение кондиционного показателя для крайней пробы в большинстве случаев не позволяет объективно оценить запасы месторождения.

О величине и характере возможного неподтверждения запасов, оконтуренных с использованием плавающего борта, можно судить на примере оконтуривания и подсчета запасов рудного тела месторождения типа жильных зон (рис. 70).

Рудное тело представлено линейно-вытянутой, выдержанной по простиранию и падению, сравнительно мощной (от 5 до 20 м) зоной, в висячем боку которой выделяется самостоятельное, обособленное линзовидное тело небольшой мощности. От вмещающих,

Таблица 20

Результаты опробования горных выработок

№ п/п	Разведочные сечения			по расщелкам			
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12	13-14
1	0,1*/2,2	1,1/0,5	Сл./Сл.	2,5/Сл.	3,1/Сл.	Сл./0,3	2,8/Сл.
2	0,3/Сл.	Сл./0,3	0,1/Сл.	1,1/0,1	0,2/0,9	Сл./0,1	Сл./0,1
3	Сл./Сл.	Сл./1,1	—	0,1/Сл.	Сл./0,1	1,4/0,2	0,5/1,1
4	—/0,1	0,9/—	0,5/0,2	0,1/0,9	0,8/1,4	0,5/0,4	1,5/1,8
5	0,2/Сл.	0,8/0,1	1,3/0,5	0,9/0,1	0,4/2,7	1,1/0,1	Сл./4,8
6	1,8**/0,3	0,2/0,1	2,2/1,9	Сл./0,3	2,1/1,0	1,0/1,4	8,3/3,8
7	2,5/4,9	Сл./0,2	8,4/5,3	1,4/Сл.	1,0/1,7	4,8/1,5	2,0/1,2
8	8,7/11,3	0,1/0,5	2,1/5,4	1,0/1,9	2,9/2,7	0,8/3,6	1,6/0,7
9	11,0/12,2	0,3/1,4	10,5/4,8	0,5/1,5	10,5/3,0	Сл./1,5	1,4/3,6
10	5,3/7,1	1,5/1,9	2,4/1,5	2,0/3,4	Сл./1,4	2,4/2,2	1,7/1,6
11	3,8/5,6	2,0/1,6	0,8/1,8	Сл./4,5	1,7/Сл.	Сл./0,4	Сл./0,5
12	2,8/7,4	1,7/1,5	Сл./0,5	8,3/4,2	0,3/3,1	1,2/2,0	1,1/Сл.
13	1,5/2,0	3,2/1,0	1,5/0,2	5,3/4,0	2,8/10,8	1,8/1,9	1,0/0,1
14	1,2/1,5	2,7/5,3	0,4/Сл.	Сл./2,8	2,4/1,8	Сл./10,7	0,5/Сл.
15	0,8/Сл.	5,8/6,5	2,0/0,8	0,3/3,9	1,6/1,4	1,0/0,9	Сл./3,3
16	Сл./0,3	Сл./10,1	1,1/3,5	3,2/3,8	1,0/1,9	2,9/5,1	1,7/0,1
17	1,1/1,5	8,1/4,3	0,1/пс	0,9/2,5	3,6/0,2	0,3/0,8	0,2/Сл.
18	0,3/1,0	5,1/4,2	0,1/Сл.	1,8/1,6	1,0/2,9	6,9/1,3	0,2/1,5
19	1,7/Сл.	3,4/Сл.	—	1,5/0,3	1,4/Сл.	1,5/7,3	2,4/0,1
20	6,8/2,3	12,0/5,2	—	1,1/—	5,5/2,8	0,1/0,5	—
21	5,1/8,5	8,1/11,5	—	2,3/Сл.	1,6/1,9	0,9/Сл.	—
22	10,9/13,2	3,1/2,2	—	Сл./0,1	1,0/0,4	0,1/—	—
23	3,7/11,1	1,4/2,2	—	—	0,5/Сл.	Сл./Сл.	—
24	1,1/0,8	Сл./—	—	—	1,7/0,4	0,1/Сл.	—
25	Сл./Сл.	Сл./0,5	—	—	0,2/0,1	—	—
26	0,1/Сл.	2,1/0,3	—	—	3,8/Сл.	—	—
27	—	1,0/0,1	—	—	1,3/0,1	—	—
28	—	0,5/Сл.	—	—	1,1/0,1	—	—
29	—	1,9/5,4	—	—	0,1/0,1	—	—
30	—	9,8/3,3	—	—	Сл./Сл.	—	—
31	—	3,1/12,5	—	—	Сл./Сл.	—	—
32	—	1,9/0,1	—	—	—	0,3/2,9	—
33	—	Сл./—	—	—	—	0,7/1,4	—
34	—	Сл./—	—	—	—	Сл./0,1	—

* В числителе — данные по одной стенке, в знаменателе — по другой.

** Подчеркнуты значения, по которым проведены границы рудного тела.

практически безрудных пород рудное тело отличается большой насыщенностью кварцево-жильных образований в виде маломощных линзовидных жил и прожилков, с которыми тесно связана золото-сульфидная минерализация. Четких геологических границ рудное тело не имеет. Рудное тело в данном случае оконтуривается по данным опробования. Для оконтуривания и подсчета запасов

установлены следующие кондиции (усл. ед.): минимальное промышленное содержание — 3,1, минимальное содержание в сечении для оконтуривания рудного тела по простиранию и падению — 2,6, минимальное содержание в пробе для оконтуривания рудного тела по мощности — 1,5; максимальная мощность пустых и некондиционных прослоев — 5 м.

Изменение запасов при оконтуривании рудных тел по «плавающему борту»

Показатели, усл. ед.	Вариант I (правильное оконтуривание)		Вариант II (оконтуривание с отступлениями от кондиций)	Разница в балансовых запасах C_1 между I и II вариантами, %
	Балансовые запасы категории C_1 (бл. 1)	Забалансовые запасы категории C_1 (бл. 2)	Балансовые запасы категории C_1	
Запасы:				
руды	136	144	246	+81
металла	612	346	959	+57
Среднее содержание металла	4,5	2,4	3,9	-13
Средняя мощность	8,5	12	8,8	+4

Оконтуривание рудных тел было выполнено без учета внутреннего строения рудной зоны и особенностей локализации золота с использованием плавающего борта. В сечении расщепов 9—10 границы оруденения с отступлением от кондиций проведены по пробам 8 и 14, в расщепе 11 — по пробе 13 по одной стенке и 12 по другой, в расщепе 12 — по пробам 19, в расщепе 3 — по пробам 13 и 14, в сечении расщепов 13—14 — по пробам 6 (табл. 20).

Анализ показывает, что проведенный таким образом контур промышленного оруденения занимает секующее положение по отношению к элементам строения рудной зоны. Интервалы балансовых руд приурочены то к лежащему, то к висящему боку рудной зоны, то к центральной ее части. Внутри контура уровень содержания отдельных прослоев такой же, как и по отдельным интервалам, оставленным за пределами границ. Например, в сечении расщепов 11 и 12 в интервале проб 7,8—2,8 усл. ед., в сечении расщепов 9, 10 в интервале проб —3 усл. ед. и т. п., т. е. целый ряд признаков указывает на искусственность контура, определенного по плавающему борту. Все запасы данного участка отнесены к балансовым категориям C_1 .

В то же время при правильном оконтуривании часть рудного тела, разведанного расщепками 9—10, 11—12 и 13—14, отличается низким средним содержанием, более сложным характером распределения оруденения и должна быть выделена отдельным блоком забалансовых запасов — блоком 2 (см. рис. 70). Количество балансовых запасов, оконтуренных и подсчитанных с отступлением от кондиций, будет в значительной степени отличаться от действительного их количества в недрах (табл. 21).

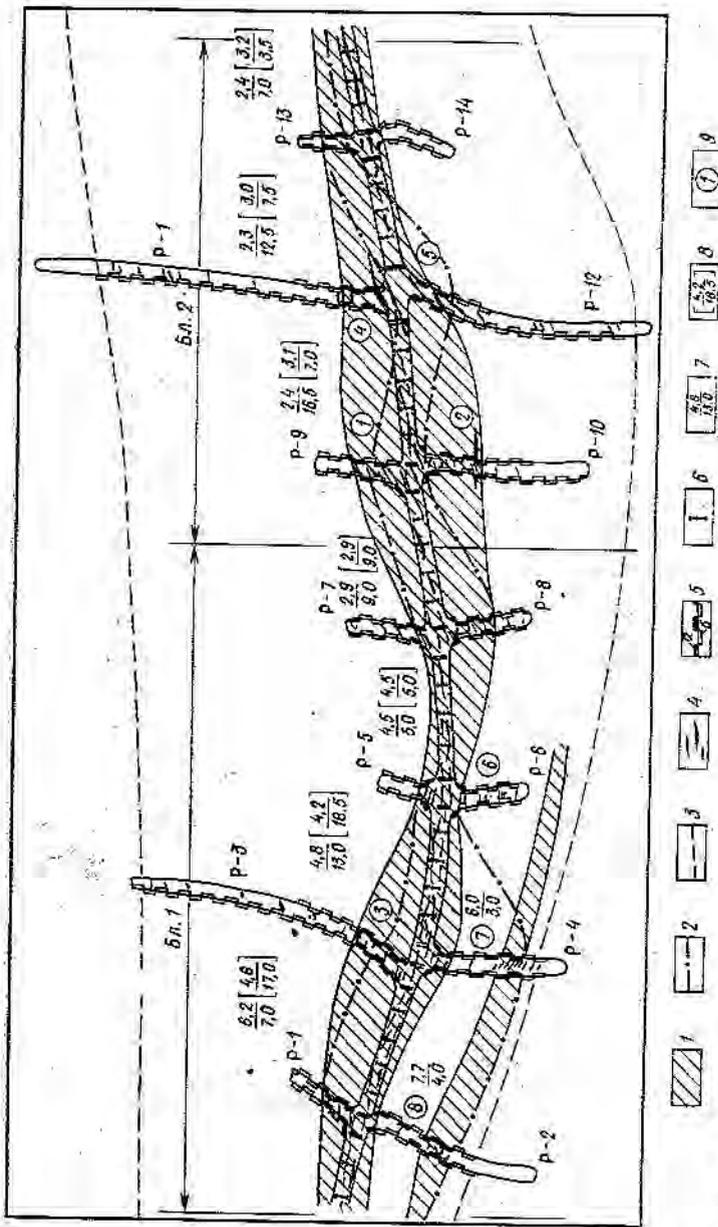


Рис. 70. Особенности оконтуривания рудных тел на месторождениях типа жильных зон.

1 — рудное тело; 2 — границы рудного тела, проведенные с отступлением от кондиций; 3 — границы общего контура минерализованной зоны; 4 — линзы, жилы и прожилки, с которыми связана зонащая минерализация; 5 — опробованные расщепы (d — пробы с содержанием выше бортового; б — пробы с содержанием ниже бортового); 6 — позавойное оруденение; 7 — параметры рудного тела (в числителе — содержание, усл. ед., в знаменателе — мощность, усл. ед.); 8 — параметры оруденения в границах, выделенных с отступлением от кондиций; 9 — места отступления от кондиций и северной указки запасов

Методика оконтуривания запасов этих категорий зависит от морфологии, условий залегания и мощности рудных тел, принятой системы разведки, соотношения различных видов горных выработок и скважин, достигнутой плотности разведочной сети, а также от отнесения запасов к той или иной категории. Кроме того, на выбор методики оконтуривания непосредственно влияют сложность распределения содержаний и запасов золота, попутных полезных компонентов и содержаний вредных примесей в рудных телах.

ГКЗ СССР рекомендует при выделении подсчетных блоков руководствоваться следующими основными положениями.

1. Подсчетный блок должен быть геологически и технологически однородным и характеризоваться: а) одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов, качество минерального сырья и горно-геологические условия разработки; б) однородностью геологического строения или примерно одинаковой степенью его сложности, близкой степени изменчивости мощности, содержания, вещественного состава руд, основных показателей качества и технологических свойств сырья; в) выдержанностью условий залегания, определяемой приуроченностью блока к единому структурному элементу месторождения (крылу или замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями, и т. п.); г) общностью горно-технических условий разработки.

2. Блок должен ограничиваться естественными границами рудных тел; линиями, проходящими через разведочные или эксплуатационные выработки, по которым получены необходимые для оценки запасов данные, или линиями интерполяции (экстраполяции), обоснованными геологическими (геофизическими) исследованиями.

3. На месторождениях, характеризующихся неравномерным распределением золота или резко изменчивой мощностью рудных тел, запасы руды в блоке не должны превышать объем годовой производительности будущего предприятия.

4. Размер и форма блока должны обеспечивать необходимую точность планиметрирования. На подсчетных планах и разрезах стороны блока должны иметь длину не менее 50 мм; следует избегать выделения блоков излишне вытянутой, остроугольной и сложных форм.

Основные требования к изученности золоторудных месторождений для квалификации запасов по категориям В и С₁ изложены в действующих «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [19] и «Инструкции по применению классификации запасов к коренным месторождениям золота» [14]. С учетом рекомендаций и требований ГКЗ СССР к подсчету запасов необходимо отметить следующее.

1. Запасы золоторудных месторождений по категориям В и С₁ подсчитываются только в блоках, оконтуренных горными выработ-

ками и скважинами, достоверность данных по которым подтверждена достаточным объемом экспериментальных работ.

2. В пределах запасов категории В должен быть сосредоточен основной объем технологических проб для полупромышленных испытаний, заверочных валовых специальных проб для определения в целиках объемной массы влажности, кусковатости и т. п. На золоторудных месторождениях 3 и 4 группы по классификации ГКЗ СССР основной объем всех специальных исследований проводится в пределах контуров запасов категории С₁, намеченных для первоочередного освоения.

3. Экстраполяция контура запасов категории В недопустима. Контур запасов категории С₁ может быть проведен ограниченной экстраполяцией между кондиционным и некондиционным сечениями.

Прием ограниченной экстраполяции применяется в том случае, когда непосредственным прослеживанием доказана закономерность постепенного выклинивания промышленного золотого оруденения или имеются объективные геологические и структурные предпосылки для распространения контура блока за кондиционное сечение. Практика подсчета запасов по золоторудным месторождениям и опыт утверждения их в ГКЗ СССР показывают, что наиболее часто применяется ограниченная экстраполяция запасов категории С₁ на половину расстояния между кондиционным и некондиционным крайними сечениями. Содержание золота в кондиционном сечении должно быть не ниже установленного для данного объекта минимально промышленного значения, мощность должна быть сравнительно высокая, увязка рудного тела на участке достаточно надежна.

На практике в отдельных случаях контуры запасов категории С₁ экстраполируются на 1/4, 1/3 и другие расстояния от крайнего кондиционного сечения при наличии оконтуривающей выработки, не встретившей оруденения или фиксирующей непромышленную его часть. Как правило, содержание крайнего кондиционного сечения при этом ниже минимально промышленного и определяется уровнем бортового значения, установленного для оконтуривающего сечения. Подобные приемы ограниченной экстраполяции контура запасов категории С₁ в условиях золоторудных месторождений могут привести к необоснованной прирезке определенной доли объема забалансовых запасов и отнесению их к балансовым. Поэтому во всех случаях, когда крайние кондиционные сечения характеризуются содержаниями, близкими к уровню бортового значения, установленного для оконтуривающего сечения, любая экстраполяция контура запасов категории С₁ за пределы кондиционных сечений нежелательна. Контур запасов должен проводиться по крайним сечениям с кондиционными показателями.

Подобный прием оконтуривания рекомендуется использовать и в том случае, когда в крайних сечениях содержание золота значительно превышает минимально промышленное, но разведка проведена скважинами, а также когда в ходе детальной разведки или

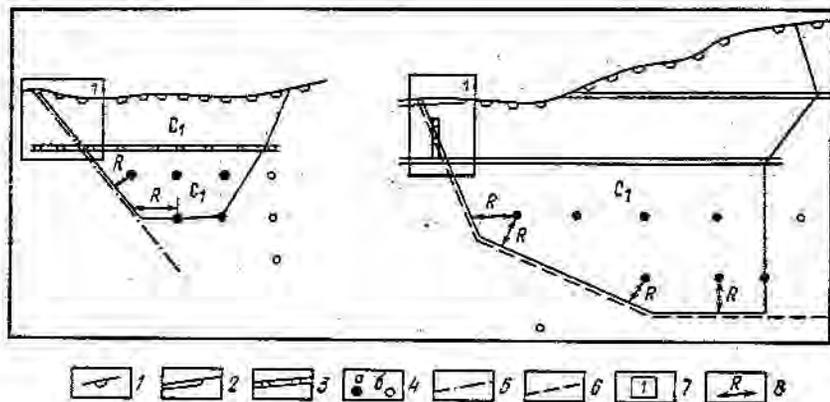


Рис. 71. Неограниченная экстраполяция запасов категории C_1 к скважинам. Справа тела большой мощности ($>2,5$ м); слева тела жильного типа малой мощности (до 2,5 м). 1 — каналы; 2 — траншеи; 3 — подземные горные выработки; 4 — скважины (а — балансовое сечение, б — забалансовое сечение); 5 — разрывное нарушение, ограничивающее рудное тело по простиранию; 6 — линия сочленения с другим рудным телом; 7 — участок, где доказано распространение промышленного оруденения до естественных ограничений; 8 — расстояние экстраполяции

эксплуатации на месторождении установлен исключительно прерывистый характер оруденения с резким выклиниванием промышленного золотого оруденения. Это относится ко многим жильным месторождениям, отдельным месторождениям минерализованных зон с рудными телами мощностью менее 2,5 м.

Во всех случаях применения ограниченной экстраполяции на то или иное расстояние от кондиционного сечения следует привести необходимые обоснования для выбранного приема оконтуривания, выполнить анализ геологических особенностей золоторудного месторождения с применением общеизвестных методов математической статистики, подтверждающих возможность распространения параметров оруденения на то или иное расстояние от крайнего кондиционного сечения.

4. Неограниченная экстраполяция запасов категории C_1 проводится преимущественно только за пределы горных выработок. Частично прием неограниченной экстраполяции на сравнительно небольшое расстояние возможен и от скважинных пересечений до естественных, надежно отстроенных, геолого-структурных элементов ограничения распространения золотого оруденения. Такими элементами являются, например, границы благоприятных для локализации золотого оруденения пород, линии сочленения различных рудных тел, тектонические нарушения, ограничивающие рудное тело, и пр. При этом распространение промышленного оруденения до естественных ограничителей должно быть доказано горными работами (рис. 71).

В целом же при неограниченной экстраполяции внешний контур отличается малой надежностью и обычно многовариантен. Данный прием, за исключением отдельных ранее отмеченных случаев,

не рекомендуется для оконтуривания запасов категории C_1 при разведке золоторудных месторождений скважинами.

Прием неограниченной экстраполяции обычно используется при проведении внешнего контура запасов категории C_1 , разведанных горными выработками, когда скважинные пересечения по падению или восстанию рудных тел отсутствуют. Расстояние, на которое подвешиваются или надстраиваются запасы к горизонту горных работ, обычно не превышает высоту одного, реже половины эксплуатационного этажа и зависит от морфологического типа золоторудного месторождения, предполагаемых размеров рудных тел, общего размаха промышленного оруденения, имеющих благоприятных предпосылок его распространения в том или ином направлении, других геолого-структурных особенностей и условий локализации промышленных руд, а также от степени разведанности конкретных рудных тел.

Однако определение контура запасов путем неограниченной экстраполяции всегда в какой-то мере субъективно, в связи с чем для оконтуривания запасов категории C_1 следует по возможности избегать использования данного приема.

Как уже отмечалось, при выборе методики оконтуривания важную роль играет характер распределения содержаний и концентраций золота в рудном теле. При закономерном распределении оруденения с локализацией обогащенных участков в протяженные рудные столбы определение внешнего контура промышленных руд особых затруднений не вызывает. Тем не менее внутри рудных столбов практически всегда имеются отдельные пересечения с некондиционными параметрами, в связи с чем довольно часто приходится решать задачу — следует или не следует выделять забалансовые руды внутри контура промышленных запасов. В этих случаях прежде всего необходимо изучить закономерности в расположении некондиционных интервалов, выяснить, насколько они характерны для данного рудного тела (рудного столба), определить ориентировочные размеры безрудных участков и возможность их выделения и оставления в целиках при отработке. В то же время нельзя признать правильным оконтуривание запасов вокруг каждой отдельной разведочной выработки, не встретившей промышленного оруденения. Необходимо иметь несколько близких некондиционных разведочных пересечений, которые позволяют установить ориентировочные размеры безрудных участков для их выконтуривания.

Нередко золотое оруденение распределяется исключительно неравномерно: балансовые, забалансовые и безрудные сечения рудного тела чередуются без взаимных закономерностей. В таких случаях оконтуривание запасов и выделение подсчетных блоков должны осуществляться при помощи дополнительных материалов, раскрывающих закономерности распределения минерализации в рудном теле. Для этого могут быть использованы различные методы тренданализа, простейший из которых — метод построения планов и карт изосодержаний и изоконцентраций золота и попутных ком-

понтентов, изомощностей и изогипс кровли и подошвы рудного тела. Внутри контура запасов данные балансовых и забалансовых сечений должны учитываться в одинаковой степени. Внешний контур балансовых запасов должен проводиться через крайние сечения с кондиционными параметрами; любая экстраполяция запасов категории C_1 не допускается. Следует избегать резких, исключительно неровных, остроугольных и вытянутых контуров.

Если на верхних горизонтах рудное тело изучено с помощью горных выработок, по которым установлен выдержанный характер промышленного оруденения, а по данным скважин ниже последнего горизонта это не выявляется, рекомендуется уменьшить расстояние для распространения запасов категории C_1 от горизонта горных выработок по падению рудных тел в 2—3 раза по сравнению с общепринятыми для данного типа месторождений. Ниже, при прочих равных условиях, запасы, разведанные скважинами, с равнозначными параметрами сети следует относить к категории C_2 .

В том случае, когда в процессе специальных исследований не удалось установить сравнительно четких закономерностей локализации промышленных запасов, разведанных бурением в пределах локальных пространств, следует воздержаться от подсчета запасов категории C_1 до проверки их горными работами.

Правильность увязки отдельных пересечений с кондиционным содержанием золота определяет надежность оконтуривания рудных тел. Это особенно важно при оконтуривании рудных тел с увязкой маломощных кондиционных пересечений, удаленных друг от друга на расстояния в десятки и сотни метров. Без проверки сплошности оруденения по падению и простиранию рудных тел горными выработками прослеживания нельзя быть уверенным в том, что объединение пересечений в единое рудное тело достаточно обоснованно.

Увязка рудных пересечений исключительно трудна и чаще всего не однозначна в условиях выклинивания промышленного оруденения на флангах рудных тел. Нередко сравнительно мощное рудное тело расщепляется на несколько маломощных ветвей, и в большинстве случаев практически невозможно их увязать с основным рудным телом.

На практике часто ряд разобренных маломощных кондиционных пересечений (обычно скважинных), выполненных на флангах крупных и выдержанных рудных тел, объединяют единым контуром и подсчитывают запасы по категории C_1 . Однако подобные пересечения нередко принадлежат различным, разобренным в пространстве, маломощным ответвлениям рудных тел. Поэтому, несмотря на достаточно плотность разведочной сети, для оконтуривания и подсчета запасов по категории C_1 на флангах рудного тела при условии выклинивания промышленного оруденения и разветвления рудного тела на ряд маломощных ветвей рекомендуется выделять запасы отдельными блоками по категории C_2 (рис. 72). Подсчет же запасов по категории C_1 или В возможен лишь при

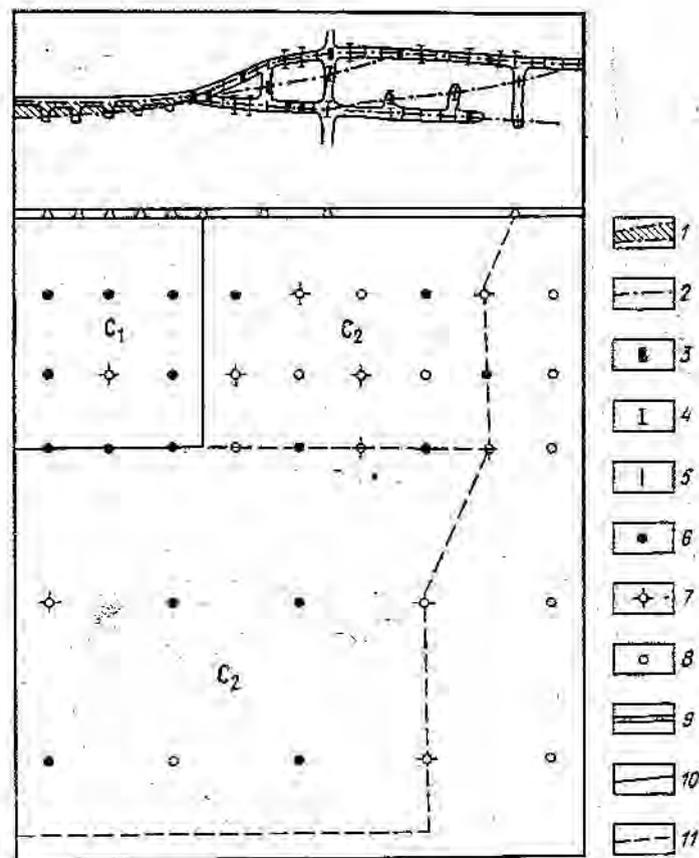


Рис. 72. Оконтуривание запасов на флангах рудных тел в условиях выклинивания промышленного оруденения.

1 — надежно установленное прослеживанием балансовое рудное тело; 2 — ответвления малой мощности с эпизодическими промышленными содержаниями на выклинивании рудного тела по его простиранию; 3 — балансовые сечения с содержанием от минимально промышленного и выше; 4 — сечения, отвечающие бортовому лимиту; 5 — забалансовые сечения; 6 — скважины с содержанием от минимально промышленного и выше; 7 — скважины с содержанием от бортового для оконтуривающей выработки и до минимально промышленного; 8 — скважины, не вскрывшие промышленную часть рудных тел; 9 — горные выработки; контур запасов: 10 — категории C_1 , 11 — категории C_2

наличии достаточно плотной сети горных выработок с обязательным прослеживанием оруденения восстающими.

На месторождениях жильных и минерализованных зон промышленные руды нередко образуют систему сближенных, субпараллельных и кулисообразно расположенных рудных тел. При выделении последних необходимо избегать секущего положения контура рудных тел относительно границ рудовмещающей структуры, а также резких изменений их границ, не характерных для месторождений подобного типа. Оконтуривание должно производиться с учетом условий локализации оруденения, взаимосвязи его с гео-

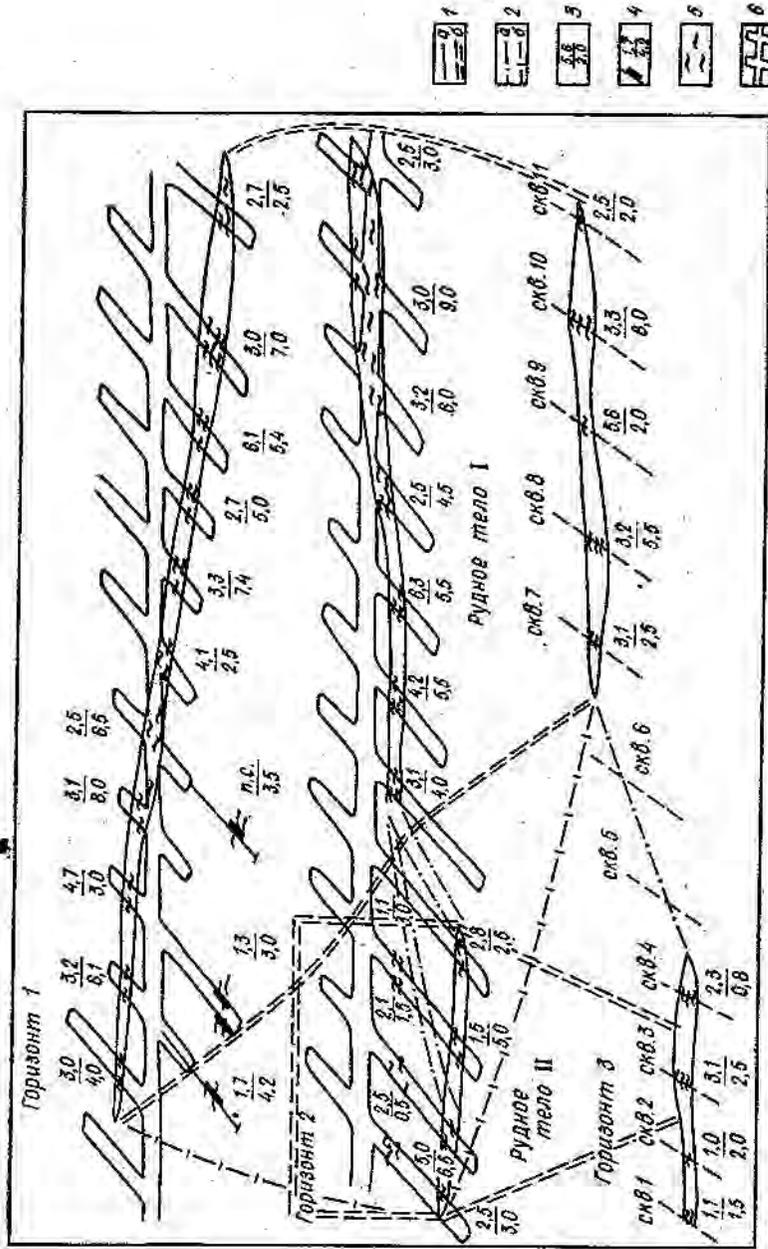


Рис. 73. Пример оконтуривания оближенных рудных тел.

(1 — правильно построенный контур рудных тел (а — на горизонтале, б — на продольной вертикальной проекции); 2 — рудный контур при первой увязке рудных тел (а — на горизонтале, б — на продольной вертикальной проекции); 3 — параметры рудного тела (в ед. ед.); 4 — оруденение за пределами промышленного контура; 5 — кварцевая прожилковая минерализация с золотом; 6 — горные выработки)

лого-структурными, минералогическими или петрографическими признаками, влияющими на размещение золотой минерализации.

Единым контуром не должны быть объединены пространственно разобщенные рудные обособления. На рис. 73 и 74 приведены различные часто встречающиеся случаи оконтуривания и увязки разобщенных субпараллельных рудных тел на месторождениях с четким контролем оруденения элементами внутреннего строения рудовмещающей структуры, с рудными телами, вытянутыми субсогласно внешним границам минерализованных зон. Чаще всего в практике встречаются два случая неправомерного объединения единым контуром пространственно разобщенных рудных тел: 1) небольшие по размерам и запасам линзы, расположенные в краевых частях крупных промышленных тел, объединяются единым контуром с последними (см. рис. 73); 2) в общий контур с крупным рудным телом объединяются небольшие рудные линзы, расположенные в его лежачем или всячем боку (см. рис. 74).

И в первом и во втором случаях, произведя увязку рудных сечений, опираются, как правило, только на данные опробования и исходят из общего генерального простирания всей рудной зоны, допуская резкие перегибы, изменения простирания рудных тел и значительные раздувы по мощности. В первом случае суммарные запасы как руды, так и металла, оконтуренные и подсчитанные с недооценкой особенностей размещения оруденения, обычно мало отличаются от запасов, подсчитанных в контурах, отстроенных с учетом геологических закономерностей. На конкретном примере (см. рис. 73) различия составили 1—3% (табл. 22). Во втором случае (см. рис. 70 и 74) при сохранении практического равенства в запасах металла (отклонение — первые проценты) наблюдается довольно существенное завышение (блок 1 — до +24%) запасов руды за счет неравномерно увеличенной мощности в сечениях расчлеч 1—2 и 3—4 из-за неправильного объединения двух рудных тел.

Объединение в единый подсчетный контур разобщенных рудных тел обычно не приводит к значительной погрешности суммарных запасов золота, но может неоправданно завышать запасы руды. Более того, суммарные запасы еще не отражают степени их раз-

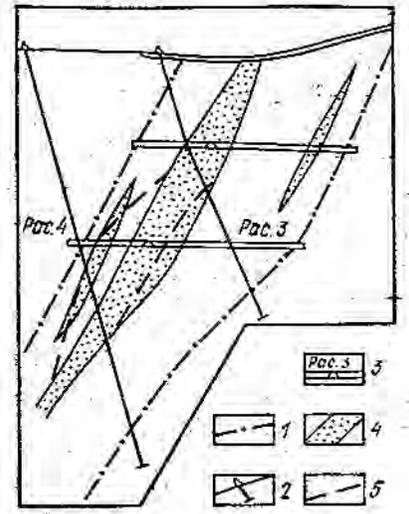


Рис. 74. Формальный подход к оконтуриванию и увязке рудных тел по их падению на месторождениях типа жильных и минерализованных зон.

1 — граница рудной зоны; 2 — скважины; 3 — горные выработки; 4 — промышленная руда; 5 — неправильная граница рудного тела

Таблица 22

Качественное и количественное изменение запасов (C_1 и C_2) при формальном подходе к оконтуриванию без учета конкретных геологических закономерностей размещения оруденения

Параметры подсчета	К рис. 73			К рис. 70 (бл. I — балансовые запасы)		
	C_1	C_2	C_1+C_2	C_1	C_2	C_1+C_2

Наиболее вероятные запасы

I	137,3	27,3	164,6	136	35	171
II	466,8	87,4	554,2	612	245	857
III	4,9	3,9	4,7	8,5	3,5	8,5
IV	3,4	3,2	3,4	4,5	7,0	5,0

Запасы, полученные при формальном оконтуривании

I	$\frac{159,3}{166,3}$	—	$\frac{159,3}{166,3}$	211,2	—	211,2
II	$\frac{541,7}{566,4}$	—	$\frac{541,7}{566,4}$	845	—	845
III	$\frac{4,6}{4,8}$	—	$\frac{4,6}{4,8}$	13,2	—	13,2
IV	$\frac{3,4}{3,4}$	—	$\frac{3,4}{3,4}$	4,0	—	4,0

Разница параметров подсчета запасов формального оконтуривания от наиболее вероятных параметров запасов, %

I	$\frac{+16}{+21}$	-100	$\frac{-3}{+1}$	+55	-100	+24
II	$\frac{+16}{+21}$	-100	$\frac{-3}{+1}$	+38	-100	-1,4
III	$\frac{-6}{-2}$	-100	$\frac{-2}{+2}$	+55	-100	+55
IV	0	-100	0	-11	-100	-20

Примечание: 1. I — количество руды; II — количество металла; III — средняя мощность; IV — среднее содержание. 2. В числителе — данные для варианта 1, в знаменателе — для варианта 2.

веданности. Для небольших по размерам линзовидных тел, вскрытых ограниченным количеством разведочных выработок, степень разведанности может быть значительно ниже, чем для основных крупных выдержанных как по простиранию, так и по падению рудных тел, оцененных по большому количеству пересечений. Поэтому даже при одинаковой густоте сети разведочных выработок запасы небольших рудных тел из-за недостаточности количества рудных подсечений и неоднозначности взаимоувязки и оконтуривания, должны быть отнесены к категории C_2 , в то время как запасы основного рудного тела квалифицированы по категории C_1 и выше. Последнее как раз и наблюдается в рассматриваемых примерах. При правильном оконтуривании и увязке различных рудных тел с раздельным подсчетом запасов по ним в соответствии с их разведанностью, запасов руды и металла по категории C_1 будет определено значительно меньше, чем при формальном подходе к оконтуриванию с определением границ только по данным опробования (см. табл. 22).

Возможное значительное снижение запасов по категории C_1 (и выше) при сохранении их суммарного количества за счет запасов категории C_2 прежде всего отразится на обоснованности параметров постоянных кондиций, на определении объема годовой добычи, мощности горно-обогатительного комплекса и т. д.

Таким образом, оконтуривание запасов с формальным подходом к увязке отдельных сечений в рудные тела и без учета основных геолого-структурных условий локализации оруденения может привести к значительному снижению достоверности подсчитанных запасов. Поэтому в процессе геологоразведочных работ необходимо прежде всего тщательно изучить основные геологические особенности размещения промышленного золотого оруденения и проводить оконтуривание запасов с учетом выявленных закономерностей.

1. Месторождения жильного типа с малой мощностью рудных тел (до 3 м)

Оконтуривание запасов золоторудных тел малой мощности осуществляется, как правило, в условиях четких геологических границ рудного тела по мощности. Основной способ подсчета запасов — способ блоков. Оконтуривание и подсчет запасов производится в зависимости от угла наклона рудного тела на продольной его проекции на вертикальную или наклонную плоскость.

Блоки запасов категории В (для месторождений 2-й группы) оконтуриваются:

1. Между двумя горизонтами, разведанными горными выработками прослеживания, при наличии отдельных восстающих, подтверждающих увязку рудного тела и сплошность оруденения по падению. В зависимости от сложности распределения оруденения, однозначности увязки рудного тела и его размеров высота этажа

не должна превышать 80 м. При прочих равных условиях для больших рудных тел размером до первых сотен метров высота этажа не должна превышать 60 м. Для подтверждения сплошности оруденения между горизонтами горных работ допускается замена восстающих сетью разведочных скважин при условии доказанной надежности последних для использования в подсчете запасов.

2. Между поверхностью, разведанной траншеями или канавами не реже, чем через 10—20 м (в зависимости от длины рудного тела), и горизонтом с рассечками из полевого штрека через те же интервалы и горизонтом, разведанным выработками прослеживания (штреки или рассечки по простиранию из шурфов). Во всех случаях суммарная длина интервалов рудного тела, вскрытого горными выработками прослеживания (при постоянном опробовании), должна быть не менее половины длины подсчетного блока.

3. Между штреком и восстающими, пройденными через 80—120 м. Длина флангового блока, ограниченного только с одной стороны восстающим, не должна превышать 40—60 м. По простиранию рудного тела блоки категории В ограничиваются восстающими или крайними сечениями, отвечающими соответствующим кондиционным лимитам.

Если внутри рудного тела выделяются участки с содержанием ниже минимально промышленного, запасы данных участков могут быть выделены самостоятельными забалансовыми блоками.

Блоки запасов категории C_1 могут быть:

— подвешены или надстроены к горизонту, разведанному штреком прослеживания; по рудным телам 2-й группы размеры блока определяются высотой одного разведочного этажа (до 80 м); по рудным телам 3-й группы размеры блока определяются высотой одного эксплуатационного этажа (до 40—60 м); необходимым требованием является наличие единичных пересечений скважинами по падению и восстанию рудного тела; при отсутствии скважин границы запасов ограничиваются половиной высоты эксплуатационного этажа (20—30 м);

— подвешены или надстроены к горизонту, разведанному рассечками из параллельного рудному телу штрека; расстояние, на котором допускается распространять границы подсчетных блоков, не должно превышать половины высоты эксплуатационного этажа (20—40 м); для рудных тел 2-й группы рассечки располагаются через 20—40 м; 3-й группы — через 10—20 м; по падению и восстанию рудные тела должны быть вскрыты отдельными восстающими или единичными скважинами;

— оконтурены двумя горизонтами горных выработок; для рудных тел 2-й группы расстояние между горизонтами допускается до 120 м, при наличии отдельных восстающих, пройденных через 120—160 м не менее чем на 2/3 высоты блока, рудных тел 3-й группы оно колеблется от 40 до 80 м при наличии отдельных восстающих, пройденных через 80—120 м;

— оконтурены поверхностью, разведанной траншеями и канавами, и скважинами, пересекающими рудное тело на глубине; для рудных тел 2-й группы расстояние между канавами не должно превышать 20—30 м, глубина ограничивается 60—80 м при расстоянии между пересечками скважин по простиранию рудного тела от 40—60 до 80—120 м в зависимости от его размеров, для рудных тел 3-й группы канавы должны быть пройдены через 10—20 м, высота блока по падению не должна превышать 60 м при наличии пересечений скважинами через 40—60 м по простиранию;

— оконтурены горизонтом подземных горных выработок и скважинами; рудные тела, относящиеся ко 2-й группе, в зависимости от размеров должны быть вскрыты ниже горизонта подземных горных выработок скважинами по сети не реже 40—60 × 120 м; высота блока категории C_1 не должна превышать трех-четырёх этажей; рудные тела, относящиеся к 3-й группе, ниже горизонтов горных выработок должны быть охарактеризованы скважинами по сети не реже чем 60 × 60 м; высота блока категории C_1 допускается до двух-трех этажей.

2. Месторождения типа жильных и минерализованных зон, штокверков и крупных залежей

Оконтуривание и подсчет запасов по золоторудным телам значительных размеров и большой мощности производятся на вертикальных поперечных разрезах, планах поверхности и погоризонтных планах (горизонтальных сечениях).

Продольные вертикальные проекции имеют вспомогательное значение. На них обычно отображается схема блокировки запасов, выносятся все разведочные выработки, плотность и расположение которых дают возможность оценить степень разведанности запасов на тех или иных участках рудного тела. Границами блоков с запасами категорий В и C_1 служат смежные поперечные разрезы, поверхность и горизонтальные сечения.

На горизонтальных сечениях чаще всего оконтуриваются и подсчитываются запасы месторождений в пределах развития поверхностных и подземных горизонтальных выработок. На месторождениях типа жильных и минерализованных зон и на месторождениях, представленных крупными залежами, на горизонтальных сечениях или планах поверхности могут быть оконтурены и подсчитаны запасы пологозалегающих рудных тел, разведанных скважинами. На вертикальных поперечных разрезах контур рудного тела проводится по результатам опробования или только скважин, или скважин и горных выработок в зависимости от системы разведки.

Оконтуривание и подсчет запасов по рудным телам, сравнительно небольшой мощности (до 10 м), как правило, осуществляют на продольной проекции рудного тела на вертикальную, горизонтальную или наклонную плоскость. Поперечные разрезы, планы

поверхности и горных горизонтов имеют здесь вспомогательное значение (для увязки отдельных рудных сечений).

Оконтуривание промышленных запасов рудных тел, не имеющих четких геологических границ, производится в направлении мощности по крайним пробам с бортовым содержанием с учетом геолого-структурных особенностей локализации и размещения оруденения на месторождении. На отдельных месторождениях типа минерализованных зон подсчет запасов осуществляется в геологических границах, которыми могут быть швы тектонических нарушений или отчетливые ограничения рудных тел за счет окисления сульфидов первичных руд и образования самостоятельных гипергенных минералов в зоне окисления.

Промышленные запасы по простиранию и падению рудного тела оконтуриваются по установленному для сечения соответствующему кондиционному лимиту. Внутри промышленного контура могут быть выделены непромышленные по мощности участки, если мощность превышает установленные кондиции; могут быть выделены непромышленные участки по падению и простиранию рудного тела, если принятая разведочная сеть позволяет их пространственно геометризовать. При частом и незакономерном чередовании участков с промышленным и непромышленным содержанием запасы подсчитываются с помощью коэффициента рудоносности.

Общий контур рудного тела на проекции с подсчетом запасов разделяется на отдельные блоки, отличающиеся по степени разведанности.

Блоки запасов категории В выделяются между горизонтами (или поверхностью и горизонтом), разведанными секущими горными выработками (канавы, рассечки, орты, квершлагги), которые частично могут быть заменены горизонтальными скважинами (см. рис. 2, 4, 5). В пределах всех разведочных выработок рудные тела должны быть опробованы на полную мощность с выходом во вмещающие безрудные породы. Расстояния между соседними профилями, в которых пройдены разведочные выработки, а также между горизонтами (или поверхностью и горизонтом), разведанными горными выработками, должны определяться ориентировочными нормативами, приведенными в табл. 4 для месторождений соответствующих морфологических типов и групп по степени изменчивости. Запасы категории В ограничиваются в горизонтальной плоскости полностью опробованными кондиционными лимитами.

В отдельных случаях на месторождениях с рудными телами сравнительно небольшой мощности (до 10 м) при наличии восстающих, равномерно пройденных через 80—120 м по простиранию рудного тела с рассечками из них, расположенными через 20×40 м по его падению, запасы категории В могут быть оконтурены между горизонтами горных выработок (или поверхностью и горизонтом), отстоящих друг от друга на расстоянии 80—100 м по падению рудного тела (см. рис. 6). По простиранию размеры блоков запасов категории В ограничиваются линиями, проведенными через соседние восстающие, отстоящие друг от друга на 80—120 м.

Запасы категории В на отдельных месторождениях с рудными телами значительных размеров и большой мощности могут быть оконтурены только скважинами с выделением блоков между смежными параллельными сечениями (см. рис. 7). При этом необходимым условием, обеспечивающим возможность отнесения запасов к категории В, должно быть наличие, помимо разведанной поверхности, на одном из участков месторождения горизонта, разведанного секущими горными выработками (орты, рассечки, квершлагги). Для такого участка при максимально возможном сгущении сети разведочных скважин должны быть даны обоснования оптимальных параметров разведочной сети для оконтуривания и подсчета запасов промышленных руд по категории В, а также в необходимом объеме выполнены работы по прямой заверке скважин горными выработками.

Блоки с запасами категории С₁ на месторождениях с рудными телами значительных размеров и большой мощности выделяются между поперечными разрезами, разведанными горными выработками и скважинами или преимущественно скважинами при сравнительно простом геологическом строении месторождения. Нижняя граница блока категории С₁ проводится через точки выхода из рудного тела наиболее глубоких скважин, принятых в подсчет запасов категории С₁ (см. рис. 4—6). Часть рудного тела, лежащая ниже горизонтов разведочных горных выработок и не разведанная скважинами, может быть выделена отдельным блоком и подвешена к горизонту на высоту не более одного эксплуатационного этажа на месторождениях 2-й группы и не более чем половины эксплуатационного этажа на месторождениях 3-й группы. При разведке протяженных рудных тел, пересеченных несколькими параллельными сечениями, возможна экстраполяция запасов категории С₁ на половину принятого расстояния между профилями. При разведке запасов категории С₁ горными выработками в горизонтальных сечениях границы блоков также могут быть интерполированы или экстраполированы за пределы крайних промышленных сечений.

Расстояния между профилями по простиранию и между скважинами в них по падению рудных тел должны примерно соответствовать нормативам, приведенным в табл. 4. Помимо поверхности, рудное тело должно быть разведано одним горизонтом секущих горных выработок (орты, рассечки, квершлагги), по крайней мере, на одном или нескольких участках месторождения. На месторождениях 2-й группы горные выработки могут быть пройдены не в каждом профиле, а на месторождениях 3-й группы обязательно в каждом профиле.

Блоки запасов категории С₁ на месторождениях с рудными телами сравнительно небольшой мощности (до 10 м) оконтуриваются по данным секущих горных выработок и скважин по методике, применяемой для оконтуривания и подсчета запасов по категории С₁ на месторождениях жильного типа с малой мощностью рудных тел (до 3 м).

3. Месторождения, представленные мелкими рудными телами типа неправильных залежей и гнезд

Оконтуривание и подсчет запасов на месторождениях этого типа, относящихся чаще всего к 4-й группе, производится в зависимости от системы разведки на погоризонтных планах или на вертикальных разрезах. Запасы категории C_1 оконтуриваются только по горным выработкам или по горным выработкам и скважинам на высоту не более одного этажа. По скважинам оконтуриваются запасы только категории C_2 .

Для получения запасов категории C_1 рудное тело в горизонтальном сечении должно быть полностью пересечено горной выработкой хотя бы в одном направлении, размеры его в поперечном направлении могут быть установлены скважинами; подвеска к горизонту, разведанному горными выработками, или надстройка над ним, допускается на высоту, не превышающую половины высоты эксплуатационного этажа. В случае, если рудное тело вскрыто вертикальной (шурфом) или наклонной (восстающий) горной выработкой, то границы его в горизонтальном направлении могут быть проведены по данным бурения на расстоянии не более чем 40—50 м (расстояния, равные нормальной ширине эксплуатационного блока).

Необходимо особо остановиться на оконтуривании запасов категории C_1 на месторождениях 4-й группы, к которой могут быть отнесены также жильные месторождения и месторождения типа жильных зон с незначительными по размерам рудными телами очень сложной морфологии и крайне неравномерным распределением в них полезного компонента. Во всех случаях запасы категории C_1 на них оконтуриваются только по горным выработкам. Допускается оконтуривание запасов по скважинам ниже последнего горизонта горных работ на высоту одного разведочного горизонта (20—50 м) при условии, что скважины в пределах этого горизонта пробурены по достаточно плотной сети. Нормативные расстояния для сети горных выработок и скважин для месторождений 4-й группы даны в табл. 4.

8.4. ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ПО КАТЕГОРИИ C_2 И ПРОГНОЗНАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Прогнозная цифровая оценка количества металла в недрах и подсчет запасов по категории C_2 имеют большое значение для определения наиболее эффективного направления геологоразведочных работ и распределения ассигнований на поиски и разведку месторождений. Для месторождений золота прогнозная оценка и подсчет запасов по категории C_2 имеют особенно важное значение в связи с относительно малыми масштабами месторождений и необходимостью больших затрат средств и времени на их выявление и разведку.

Прогнозная оценка и подсчет запасов по категории C_2 производится как на новых объектах, так и на месторождениях, уже разведанных или находящихся в эксплуатации, на всех стадиях работ.

1. Основные принципы подсчета запасов по категории C_2

Согласно «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» [19] к категории C_2 относятся предварительно оцененные запасы. При этом условия залегания, форма и распространение тел полезного ископаемого определены на основании геологических и геофизических данных, подтвержденных вскрытием полезного ископаемого в отдельных точках, или по аналогии с изученными участками. Качество полезного ископаемого установлено по отдельным пробам или по данным примыкающих участков. Контур запасов полезных ископаемых принят в пределах геологически благоприятных структур и комплексов горных пород.

Согласно «Классификации запасов...» на основе прогнозных ресурсов и запасов категории C_2 :

а) после поисково-оценочных работ на запасах категории C_2 и прогнозных ресурсах категории P_1 с использованием оценочных кондиций оценивается промышленное значение и составляются ТЭС (техничко-экономические соображения) о целесообразности предварительной разведки месторождения;

б) после предварительной разведки на запасах категорий C_2 и C_1 , подсчитанных по временным кондициям, производится геолого-экономическая оценка всего разведываемого месторождения (с составлением технико-экономического доклада — ТЭД), даются рекомендации о целесообразности детальной разведки; на основе запасов категории C_2 планируется прирост запасов более высоких категорий на стадии детальной разведки;

в) на детально разведанных и эксплуатируемых месторождениях запасы категории C_2 учитываются при проектировании и реконструкции горно-добывающих предприятий и служат основой планирования прироста запасов более высоких категорий.

На коренных месторождениях золота запасы категории C_2 оконтуриваются и подсчитываются по разведываемым рудным телам способом экстраполяции по простиранию и падению или разведки их редкой сетью скважин.

Запасы золота по категории C_2 в основном подсчитываются двумя способами: 1) подвеской к запасам категории C_1 , редко категории В; 2) по данным разведки канавами или редкой сетью скважин или шурфов с учетом результатов геофизических работ, геолого-структурных исследований и т. д. При подсчете запасов по категории C_2 решающее значение имеет изученность геологического строения месторождения и закономерностей локализации оруденения. Для правильного определения возможной протяженности рудных тел по простиранию и на глубину и оценки степени изменчивости мощности и содержания золота необходимо устано-

вить генетический тип месторождения, его место в геологической структуре района, тщательно изучить все проявления оруденения как в естественных обнажениях, так и имеющихся разведочных выработках. Глубина экстраполяции запасов по категории C_2 принимается с учетом имеющихся наиболее глубоких пересечений по данному или по аналогичным рудным телам. По простиранию величина экстраполяции определяется по имеющимся выходам оруденения или поисковым признакам, свидетельствующим о наличии минерализации на глубине, а также по аналогии с другими подобными рудными телами. Для объектов, имеющих мало выходов на поверхность или пересечений отдельных выработок, необходимо учитывать все косвенные признаки, свидетельствующие о распространении оруденения (геофизические данные, изменения вмещающих пород, зоны окисления и т. д.).

Для более надежного подсчета запасов по категории C_2 на золоторудных месторождениях рекомендуется придерживаться следующих основных положений:

— контур подсчета запасов должен быть обоснован геологическими и геофизическими данными; оценка запасов по категории C_2 на основе запасов категории C_1 является только частным случаем;

— запасы следует подсчитывать крупными блоками;

— средняя мощность рудного тела для блока категории C_2 определяется как простое среднеарифметическое из всех имеющихся замеров;

— среднее содержание золота для рудных тел с относительно равномерным распределением оруденения (минерализованные зоны, штокерки, залежи) определяется так же, как среднеарифметическое;

— при весьма неравномерном распределении оруденения (жилы, жильные зоны и др.) среднее содержание золота для блока с запасами категории C_2 невозможно вывести по малому количеству фактических данных, поэтому в таких случаях на блоки с запасами категории C_2 распространяют среднее содержание золота, определенное в соседних блоках с запасами категории C_1 (с введением поправок в соответствии с геологическими особенностями месторождения);

— глубина подсчета запасов по категории C_2 для рудных тел с изменчивой морфологией (жилы, жильные зоны) и невыдержанными контурами должна быть подтверждена хотя бы отдельными скважинами, вскрывшими рудное тело;

— для выдержанных по морфологии рудных тел граница подсчета запасов по категории C_2 может быть экстраполирована ниже точек подсечения рудного тела скважинами, глубина экстраполяции ниже последнего разведанного горизонта (горными выработками или скважинами) должна быть обоснована геологическими данными и предпосылками.

Следует учитывать, что при подсчете запасов категории C_2 по скважинам в блоках, расположенных ниже горных работ, показатели мощности рудного тела и содержания золота, как правило,

не могут быть выше средних показателей, определенных для вышележащих горизонтов, разведанных горными выработками.

2. Прогнозная цифровая оценка месторождений

«Классификация запасов...» и «Инструкция по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям» предусматривают, что кроме запасов полезных ископаемых категорий А, В, C_1 и C_2 , подсчитываемых по отдельным месторождениям, для оценки потенциальных возможностей рудных полей и месторождений на основе общих геологических представлений дается прогнозная и цифровая оценка количества металла в недрах (прогнозные ресурсы), не подлежащая утверждению ГКЗ СССР.

Согласно Классификации запасов, Временного положения о классификации прогнозных ресурсов, подготовке и учете запасов категории C_2 твердых полезных ископаемых и других инструктивных документов Мингео СССР прогнозные ресурсы в зависимости от степени их изученности и обоснованности делятся на три категории: P_1 , P_2 и P_3 :

P_1 — это прогнозные ресурсы разведанных, разведываемых месторождений, а также новых месторождений, выявленных в процессе поисково-оценочных работ, которые определяют возможность прироста запасов за счет флангов и глубоких горизонтов месторождения или выявления новых рудных тел, или участков в пределах месторождения;

P_2 — это прогнозные ресурсы новых месторождений, наличие которых основывается на положительной оценке выявленных при общих и детальных поисках и при геологической съемке в масштабе 1 : 50 000 проявлений золота, а также геофизических и геохимических аномалий, природа и возможная перспективность которых установлена единичными выработками;

P_3 — это прогнозные ресурсы потенциально перспективных площадей, районов, рудных полей.

При прогнозной оценке количества металла в недрах следует исходить в основном из современных требований промышленности, предъявляемых к качеству сырья и горно-техническим условиям разработки месторождений (глубины, доступные современным методам добычи), с ориентацией на научно-технический прогресс в этих областях и возможное увеличение глубины отработки месторождений.

Достоверность прогнозной цифровой оценки количества золота в недрах находится в прямой зависимости от количества и достоверности исходных данных, а также опыта специалистов, составляющих прогнозную оценку. В методическом руководстве рассматриваются только основные принципы и приемы количественной прогнозной оценки отдельных месторождений (ресурсы категории P_1) и частично рудных полей.

Прогнозная цифровая оценка количества золота в недрах должна опираться на совокупность собственно геологических и геолого-

экономических факторов. При этом использование первых факторов базируется в значительной мере на методе аналогий, а учет геолого-экономических факторов, в конечном счете, должен сопровождаться прямыми расчетами возможных объемов золотой руды в оцениваемом объекте — рудном поле.

При выборе геологических аналогов на основании геолого-минералогических критериев определяются возможные типы месторождений золота, которые могут иметь промышленное значение на исследованной площади.

Основные исходные параметры при прогнозной цифровой оценке для коренных месторождений золота — размер площади рудного поля и длина рудного тела. Остальные расчетные параметры (содержание золота, мощность, ширина и другие) обусловлены, как правило, принадлежностью месторождения золота к тому или иному типу и его геологическими особенностями. При этом для основного расчетного параметра — содержания золота — нередко приходится принимать среднее значение минимально промышленного содержания золота для данного типа месторождений.

В целом методика определения прогнозной цифровой оценки количества золота в недрах в настоящее время еще слабо разработана в связи с многообразием типов месторождений и сложностью их геологического строения, хотя уже имеются изданные соответствующие методические руководства по определению прогнозных ресурсов золота и серебра.

Следует различать общую оценку масштаба месторождения или рудного поля и прогнозную оценку количества золота в недрах. В первом случае в общую оценку включаются разведанные запасы всех категорий (A , B , C_1 и C_2), прогнозная цифровая оценка количества золота в недрах и прошлая добыча. Прогнозная оценка содержаний золота в недрах — это предполагаемые запасы, оцененные по месторождению сверх запасов категории C_2 (и более высоких).

Количественную прогнозную оценку золота в недрах (ресурсы P_1) для рудных месторождений рекомендуется производить: 1) по флангам или глубоким горизонтам месторождений, для которых нет достаточных геологических, геохимических или геофизических данных, необходимых для подсчета запасов по категории C_2 (или более высоких категорий); 2) по выявленным в пределах месторождения рудным телам (апофизам, слепым), по которым в связи с недостаточностью материалов не были подсчитаны запасы по категории C_2 ; 3) по месторождениям, ранее разрабатывавшимся и законсервированным, но заслуживающим постановки разведочных работ для решения вопроса об их реконсервации.

Прогнозная цифровая оценка количества золота в недрах по рудному полю в целом производится как по результатам поисково-оценочных работ, так и на стадии предварительной разведки. По завершении детальной разведки прогнозная цифровая оценка количества золота на рудном поле, как правило, только уточняется. Прогнозная цифровая оценка количества золота по отдельным

рудным телам (апофизам, слепым), а также по флангам и особенно глубоким горизонтам месторождения дается главным образом на стадии предварительной разведки. По законсервированным золоторудным месторождениям прогнозная оценка осуществляется в результате ревизии всех имеющихся геологических, разведочных и эксплуатационных материалов и дополнительного геолого-структурного и минералогического их изучения с применением геофизических и геохимических методов.

Исходными материалами для прогнозной цифровой оценки количества золота по отдельному месторождению служат сведения: о размерах рудных тел (мощности, длине по простиранию и падению); содержании и распределении в них золота; характере и размерах рудовмещающей структуры (трещина, зона, складка, дайка, горизонт и т. д.); типе окolorудных изменений; разведанности; степени отработанности и размерах прежней добычи, а также данные о количестве золота в аналогичных золоторудных месторождениях и об ориентировочном минимально промышленном содержании золота для рассматриваемого месторождения.

Исходные материалы для прогнозной цифровой оценки по рудному полю следующие: геологические карты района в масштабе 1 : 50 000 (1 : 200 000) с вынесенными на них данными по коренной и россыпной золотоносности; геолого-структурные карты рудного поля масштабов 1 : 10 000—1 : 25 000 (1 : 5000); планы расположения разведочных выработок и планы опробования; результаты геофизических и геохимических работ по отдельным рудным телам и сведения по запасам и отработке разведанных рудных тел, а также данные об аналогичных золоторудных полях.

Основными геологическими и геолого-экономическими факторами, используемыми для прогнозной цифровой оценки количества золота, для прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 являются:

— сходство оцениваемого рудного поля по геолого-структурной обстановке, осадочным и магматическим комплексам пород с известными рудными полями, вмещающими промышленные коренные месторождения золота;

— площадь рудного поля, определяемая по геологическим наблюдениям, по данным спектрозолотометрии и геофизики;

— насыщенность рудных тел на единицу площади рудного поля;

— морфологический тип золотого оруденения и аналогия с известными промышленными месторождениями;

— минеральный состав руд с учетом характерных для него содержаний золота и поведения его по простиранию и на глубину;

— наличие и распространение в пределах рудного поля ореолов гидротермально измененных пород, сопровождающих золотое оруденение на аналогичных рудных полях;

— наличие комплексов вмещающих пород, способствующих локализации промышленного золотого оруденения;

— выдержанность по простиранию и падению рудовмещающих структур, обуславливающих формирование рудных тел;

— эрозионный срез золотоносных структур и расчлененность рельефа поверхности рудного поля, позволяющие оценивать вертикальный размах промышленного оруденения;

— наличие золотоносных россыпей, берущих начало с рассматриваемого рудного поля; в том числе содержащих крупное, среднее и мелкое (менее 0,2 мм) золото, присутствие низкопробного (ниже 700) золота в россыпях и шлиховых пробах близповерхностных месторождений;

— наличие первичной вертикальной зональности, определяющей возможное обогащение золотом тех или иных горизонтов рудных тел и вторичной зональности, обусловившей образование железной шляпы и баритовых сыпучек полиметаллических и колчеданных месторождений;

— геофизические и геохимические аномалии, которые могут указывать на возможное наличие рудных тел значительных размеров;

— распространение в делювии и элювии обломков руд с повышенным содержанием золота по данным опробования;

— присутствие выявленных рудных тел с повышенным (выше минимально-промышленного для данного типа месторождений) содержанием золота;

— вероятность (по геологическим, геофизическим, геохимическим, разведочным данным) протяженности на глубину рудных тел с промышленным содержанием золота;

— наличие подсчитанных запасов по категории В+С₁ или С₂ по части рудных тел рассматриваемого рудного поля;

— данные о результатах прежней добычи, характеризующие ее масштабы и содержания золота в рудах.

Подсчет прогнозных ресурсов золота категории Р₁ по месторождению или рудному полю в целом следует проводить по следующей примерной схеме.

1. Устанавливают наличие благоприятных геологических и геолого-экономических факторов, позволяющих считать целесообразным подсчет прогнозных запасов по данному рудному полю.

2. Измеряют на геологической или геолого-структурной карте прослеженную разведочными выработками суммарную длину всех рудных тел.

3. Подсчитывают по имеющимся данным средние показатели (мощность и содержание золота) для всей совокупности рудных тел одного морфологического типа руд.

4. Полученное среднее содержание золота корректируют (уменьшается или увеличивается) с учетом содержаний его в других аналогичных золоторудных месторождениях.

5. Определяют возможную суммарную длину непрослеженных выработками рудных тел, исходя из размеров площади рудного поля и вероятной насыщенности его рудными телами (по разведочным, геологическим, геофизическим и геохимическим данным).

6. Экстраполируют установленные средние показатели на возможную суммарную длину невыявленных рудных тел и подсчи-

тывают (с учетом объемной массы руды) общее количество золота по суммарной длине прослеженных и возможных рудных тел на 1 м глубины.

7. Определяют возможную глубину промышленного оруденения по разведочным, геологическим и геофизическим данным.

8. Подсчитывают общее возможное количество золота по рудному полю, исходя из количества золота на 1 м глубины по суммарной длине всех рудных тел и принятой возможной глубине промышленного оруденения, при этом ранее подсчитанные по всем категориям запасы золота по месторождению или рудному полю и добытое на нем количество золота из полученной цифровой оценки должны быть исключены. Наличие каких-либо геологических данных о столбообразном или бананцевом распределении золота в рудных телах должно учитываться при прогнозной цифровой оценке количества золота в целом по месторождению.

Прогнозную цифровую оценку общего количества золота по месторождению или рудному полю сравнивают с количеством золота по другим разведанным (или отработанным) месторождениям аналогичного типа с учетом их размеров. На основании такого сравнения прогнозная оценка рассматриваемого месторождения может быть скорректирована в ту или иную сторону.

3.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСНОВНЫХ ПОДСЧЕТНЫХ ПАРАМЕТРОВ

1. Расчет средних значений мощности и содержания

При подсчете запасов месторождения должны быть определены средние значения мощности рудного тела и содержания полезного компонента в границах подсчетных блоков. Для рудных тел месторождений золота, отличающихся сильными колебаниями мощностей и содержаний, правильное определение средних параметров имеет большое практическое значение, так как от этого зависит надежное определение запасов.

Мощность рудных тел с четкими границами измеряется непосредственно в горных выработках при документации; с нечеткими границами — по результатам опробования. Границы рудного тела устанавливаются по бортовому содержанию металла в пробах. Мощность рудных тел по данным бурения определяется по керну для рудных тел с четкими геологическими границами и по данным опробования с нечеткими границами. Полученные результаты обязательно контролируются различными методами каротажа, результаты которого при плохом выходе керна в ряде случаев могут считаться основными и учитываться при подсчете.

Мощность рудного тела в каждом разведочном пересечении представляет собой сумму длин проб, входящих в промышленный контур, т. е. $m_{\text{сеч}} = \sum m_{\text{проб}}$.

Средняя мощность по горизонту, разрезу или блоку вычисляется как среднearифметическое при равномерном расположении разведочных пересечений или же как средневзвешенное на длину ин-

тервала пересечения при неравномерной сети пересечений. В случае чрезвычайно сложных контуров рудного тела мощность может быть определена из отношения площади тела на плане или разрезе к длине рудного тела (или высоте выработки при определении мощности в забое или рассечке); при косых подсчетных сечениях и их неполном опробовании мощность опробования может быть определена непосредственными замерами на подсчетной графике.

При определении среднего содержания используются данные основных анализов. Результаты внешнего и внутреннего контроля анализов, а также результаты опробования контрольных выработок в вычислении средних не участвуют. Среднее содержание в пересечении, состоящем из нескольких секционных проб, вычисляется как среднеарифметическое при равной длине секций или как средневзвешенное на длины проб при различной длине секций

$$\bar{C}_{\text{сеч}} = \frac{C_1 \cdot m_1 + \dots + C_n \cdot m_n}{m_1 + \dots + m_n},$$

где C_1, \dots, C_n — содержания в отдельных секционных пробах; m_1, \dots, m_n — длины секционных проб.

Целесообразность использования средневзвешенных или среднеарифметических оценок среднего содержания при расчете для горизонта, разреза или блока определяется отсутствием или наличием корреляции между содержанием и мощностью. При положительной корреляции взвешенная оценка всегда больше среднеарифметической, а при отрицательной — всегда меньше ее. При отсутствии корреляции значения обеих оценок среднего могут совпадать. Поэтому для оценки среднего содержания рекомендуется использовать взвешивание содержаний на мощность

$$\bar{C} = \frac{\sum m_i \cdot C_i}{\sum m_i},$$

где \bar{C} — среднее содержание по горизонту, разрезу или блоку; m_i — мощность рудного тела в i -м разведочном сечении; C_i — содержание в i -м разведочном сечении.

Средняя мощность, как правило, определяется по формуле

$$\bar{m} = \sum m_i / n,$$

где \bar{m} — средняя мощность рудного тела по горизонту, разрезу или блоку; n — число разведочных сечений.

При подсчете запасов мощных рудных тел методом горизонтальных или вертикальных сечений среднее содержание для подсчетного блока определяется взвешиванием содержания на подсчетную площадь в каждом из смежных сечений

$$\bar{C} = \frac{C_1 \cdot S_1 + \dots + C_n \cdot S_n}{\sum S_i},$$

где S_i — площадь единичного разведочного сечения.

Следует отметить, что в ряде случаев плотность разведочных пересечений в пределах рудного тела или подсчетного блока по раз-

личным причинам может оказаться неравномерной. Нередко в рудных телах большой мощности могут встречаться протяженные режимы, соизмеримые с сечением прослеживающих горных выработок, а в жилах малой мощности значительные раздувы, не вписывающиеся в сечение прослеживающих штреков.

Ввиду заметного изменения мощности рудного тела по простиранию в пределах горизонта горных работ, резких изгибов рудных тел, смещений их тектоническими нарушениями и т. п., при разведке прослеживающими штреками контур рудного тела то вписывается в сечение горной выработки, то нет. Для того чтобы охарактеризовать его на полную мощность, проходятся рассечки через 10—40 м. В прослеживающих выработках, вскрывающих рудные тела на полную мощность, шаг опробования обычно составляет 1—6 м.

В описываемых условиях, как правило, равномерность опробования нарушается. В этих случаях рекомендуется выделять самостоятельные блоки, отличающиеся системой опробования (в штреках или рассечках) и равномерной его сетью. Если размер таких блоков невелик или ввиду различной системы разведки и опробования на двух горизонтах такие блоки не выделяются, рекомендуется в пределах подсчетных блоков установить участки с приблизительно одинаковой плотностью разведочных сечений (рис. 75, а). Если выделить данные участки невозможно, то следует объединять отдельные сближенные сечения или даже их группы для расчета средних показателей мощности и содержания. В последующем при подсчете по блоку эти средние рассматриваются как данные по единичному пересечению рудного тела в зоне влияния сближенных разведочных выработок или проб (рис. 75, б).

Когда преобразование сети в равномерную по каким-либо причинам невозможно, то при расчете средних параметров неравномерность сети следует компенсировать взвешиванием на зоны влияния пересечений (рис. 75, в)

$$\bar{C} = \frac{C_1 m_1 \cdot l_1 + \dots + C_n m_n \cdot l_n}{m_1 \cdot l_1 + \dots + m_n \cdot l_n},$$

где \bar{C} — среднее содержание по горизонту подсчетного блока; C_1, \dots, C_n — содержания в пересечениях; m_1, \dots, m_n — мощности рудного тела в пересечениях; l_1, \dots, l_n — длины зон влияния пересечений.

Средние значения мощности и содержания на горизонтах, ограничивающих подсчетный блок, могут резко различаться в связи с проявлением различных видов зональности — морфологической, минералогической и др. В этом случае при равенстве сторон подсчетного блока средняя мощность по блоку $\bar{m}_{\text{бл}}$ определяется среднеарифметическим способом

$$\bar{m}_{\text{бл}} = \frac{\bar{m}_1 + \bar{m}_2}{2},$$

где \bar{m}_1 и \bar{m}_2 — средние мощности рудного тела соответственно по верхнему и нижнему горизонтам.

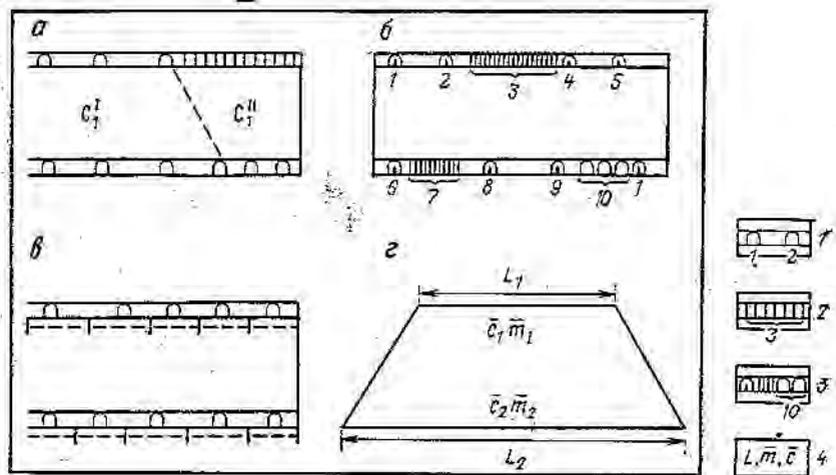


Рис. 75. Особенности определения средних параметров подсчета запасов при неравномерной сети разведочных пересечений.

а — выделение подсчетных блоков по степени разведанности; б — трансформация разведочных пересечений в равномерную сеть; в — определение зон влияния пересечений; г — к определению средних параметров при различной длине сторон подсчетного блока на горизонтах. 1 — сечение горные выработки (рассечки, квершлага, орты); 2 — позабойное опробование в штрахах на полную мощность рудного тела; 3 — водсечные пересечения; 4 — длина стороны блока, среднее содержание и мощность на горизонтах

Среднее содержание по блоку $\bar{C}_{6л}$ определяется взвешиванием среднего содержания на среднюю мощность по каждому горизонту

$$\bar{C}_{6л} = \frac{\bar{C}_1 \cdot \bar{m}_1 + \bar{C}_2 \cdot \bar{m}_2}{\bar{m}_1 + \bar{m}_2},$$

где \bar{C}_1 и \bar{C}_2 — средние содержания по рудному телу соответственно на верхнем и нижнем горизонтах.

Среднюю мощность по блоку при различной длине сторон блоков на горизонтах определяют путем взвешивания средних мощностей по горизонтам на длины сторон блока (рис. 75, г)

$$\bar{m}_{6л} = \frac{\bar{m}_1 \cdot L_1 + \bar{m}_2 \cdot L_2}{L_1 + L_2},$$

где L_1 и L_2 — длины сторон подсчетного блока соответственно на верхнем и нижнем горизонтах.

В этом же случае (при различной длине сторон блока) среднее содержание определяется по формуле

$$\bar{C}_{6л} = \frac{\bar{m}_1 \cdot L_1 \cdot \bar{C}_1 + \bar{m}_2 \cdot L_2 \cdot \bar{C}_2}{\bar{m}_1 \cdot L_1 + \bar{m}_2 \cdot L_2},$$

где \bar{m}_1 и \bar{m}_2 — средние мощности рудного тела соответственно по верхнему и нижнему горизонтам; \bar{C}_1 и \bar{C}_2 — средние содержания по рудному телу соответственно по верхнему и нижнему горизонтам.

2. Выявление и ограничение проб с высокими содержаниями

При подсчете запасов для правильной оценки месторождения очень важным и в то же время сложным вопросом является выявление и ограничение проб с высокими содержаниями, появление которых обычно при разведке большинства золоторудных месторождений. «Высокие» или «ураганные» пробы — это пробы с резко повышенным содержанием металла, включение которых в подсчет без соответствующих поправок значительно влияет на среднее содержание металла, которое всегда бывает завышено против действительного среднего содержания на опробуемом участке [17].

На золоторудных месторождениях, как правило, значительная доля запасов металла сосредоточена в рудах с содержанием, в несколько раз превышающим среднее его содержание по месторождению. Количество таких богатых по содержанию золота руд невелико и это определяет заметную асимметрию распределения содержания золота по пробам (сечениям). Распределение содержания обычно находится в соответствии с логнормальным или трехпараметрическим законами. Проведенные исследования показали, что асимметрично и распределение оценок среднего содержания золота, вычисленного по ограниченному числу проб, и их погрешностей. Отрицательные погрешности появляются чаще положительных, но средний размер последних выше первых. Установлено также, что из-за асимметричного распределения оценок среднего содержания золота ограничение ураганных проб (сечений) чаще приводит к искажению оценки истинного содержания в сторону занижения. Однако при небольшом числе проб или сечений положительные погрешности среднего содержания по отдельным блокам могут быть очень велики и приводят к существенному завышению запасов золота не только в отдельных блоках, но и в рудных телах. Это в значительной степени и определяет необходимость выявления и ограничения ураганных проб при подсчете запасов на золоторудных месторождениях.

К настоящему времени известно свыше 40 приемов и способов выявления и ограничения ураганных проб [16, 17, 20, 38, 42]. В практике разведки и подсчета запасов золоторудных месторождений в последние годы применяются по существу два способа. Один из них предложен И. Д. Коганом [20], другой — П. Л. Каллистовым [17].

Основываясь на материалах подсчета запасов многочисленных месторождений, утвержденных ГКЗ СССР, И. Д. Коган предложил считать ураганной ту пробу (или сечение), влияние которой на величину среднего содержания по блоку превышает 10%, а по отдельным сечениям (выработкам) — 20%. Этот способ предусматривает: 1) в случае большой мощности рудных тел, когда в вычислении среднего содержания по единичному разведочному пересечению участвует более 20 проб, ограничение высоких содержаний проводить в отдельных сечениях; 2) при небольшом числе проб в разведочных пересечениях (выработках) ограничение про-

водится по разведочным линиям (профилям) или сечениям в пределах разведочного блока; 3) при небольшом количестве сечений в блоке (менее 20) ограничивать высокие содержания следует по двум-трем соседним блокам; 4) во всех случаях выявление и ограничение высоких проб целесообразно производить не по содержанию, а по метрограмму (произведению содержания на мощность или длину пробы).

Как показала практика разведочных работ, способом И. Д. Когана наиболее целесообразно проводить ограничение при 40—60 и более проб или сечений (соответственно в пересечении или блоке). При таком их количестве снижается возможность необоснованного занижения содержания и запасов. Простота способа, предложенного И. Д. Коганом, заключается в том, что он не требует дополнительных построений и расчетов. Ураганные значения устанавливаются в процессе расчета среднего содержания. Для этого определяется величина 10 %-ной части суммы метрограммов по блоку или 20 %-ной — по выработке. С полученной величиной сравнивается метрограмм каждой отдельной пробы или разведочного пересечения, участвующих в расчете среднего содержания. Если значение частного метрограмма в пробе (или пересечении) заметно превышает соответственно по отдельному пересечению или блоку 20- или 10 %-ную часть суммарного метрограмма по пересечению или блоку, то оно заменяется на ближайший к нему по величине метрограмм в рассматриваемом ряду проб (или пересечений), не превышающий указанные лимиты. Возможна и замена 10- или 20 %-ной частью суммарного метрограмма по блоку или пересечению. Ограничение ураганных значений в подсчетном блоке должно производиться только один раз по пробам в пересечениях или по сечениям в блоке.

При этом блок, в котором выявлены ураганные значения и производится их ограничение, должен характеризоваться однородным распределением содержаний и мощностей. Более богатые по содержанию золота и с заметным увеличением мощности участки рудного тела должны по возможности выделяться в самостоятельные блоки.

В настоящее время ГКЗ СССР рекомендует использовать в основном этот метод, хотя в зависимости от конкретных условий на месторождении допускается использование и других способов ограничения ураганных проб.

Учитывая значительную неравномерность распределения золота и высокую изменчивость его содержаний на месторождениях, П. Л. Каллистов [17] предложил иной способ решения задачи выявления и ограничения «ураганных» проб. Согласно этому способу ограничение проводится на основе анализа распределения содержаний золота в подсчетных блоках. В процессе выявления ураганных проб необходимо выделять блоки с приблизительно одинаковым уровнем содержания золота. Если при этом несколько проб с высокими содержаниями группируются в одном месте, и можно оконтурить хотя бы небольшой участок рудного тела с повышен-

ной концентрацией золота (например, гнездо), то эти пробы следует выделять из остальной массы проб и рассматривать отдельно.

Для того чтобы определить, имеются или нет в выборочной совокупности ураганные пробы по этому способу, необходимо все пробы (или пересечения) сгруппировать по классам содержаний золота, причем классы увеличиваются в геометрической прогрессии с постоянным знаменателем, равным двум. В дальнейшем при обработке данных опробования строятся гистограммы распределения содержаний по классам.

На графике по оси абсцисс откладываются величины содержаний (что соответствует логарифмам содержаний золота в масштабе $1:lg 2$), по оси ординат — частоты количества проб в соответствующих классах содержания золота. Если имеются ураганные пробы во всех классах, то считается, что ураганных проб нет и все они учитываются при подсчете запасов без ограничения. Если пробы с высоким уровнем содержания отличаются от всей совокупности на один-два класса, то данные пробы считаются ураганными и подлежат ограничению. В отдельных случаях для выравнивания распределения рекомендуется одну-две наиболее высокие пробы крайнего класса перенести в предыдущий класс, придав им среднее значение содержания данного класса.

В последние годы П. Л. Каллистовым и Ю. И. Камышевым предложен более совершенный прием ограничения высоких проб. Одна из особенностей его — выделение в пределах рудного тела однородных по распределению содержаний золота участков и отдельный анализ данных опробования по каждому из них.

В связи с тем что на большинстве месторождений золота распределение количества руд с различным содержанием достаточно хорошо аппроксимируется логнормальным или трехпараметровым распределением, в данном приеме предусматривается построение спрямленных диаграмм на вероятностных трафаретах.

При небольшом количестве проб (до 100) в построении диаграмм участвует каждая проба, а при большом (в несколько сотен и более) — они группируются по содержаниям в классы. Для построения диаграмм пробы и классы проб ранжируются по возрастанию содержания и определяется частота (и накопленная частота) каждой пробы или каждого класса содержания. Вместо количества проб для определения накопленной частоты рекомендуется учитывать сумму длин проб.

На бланках (трафаретах) по оси абсцисс откладываются содержания, по оси ординат — накопленные частоты проб $q(\Sigma)$, где q — эмпирическая вероятность проб, определяемая как частное от деления длины каждой пробы (или суммы длин проб в каждом классе) на общую сумму длин проб данной выборки.

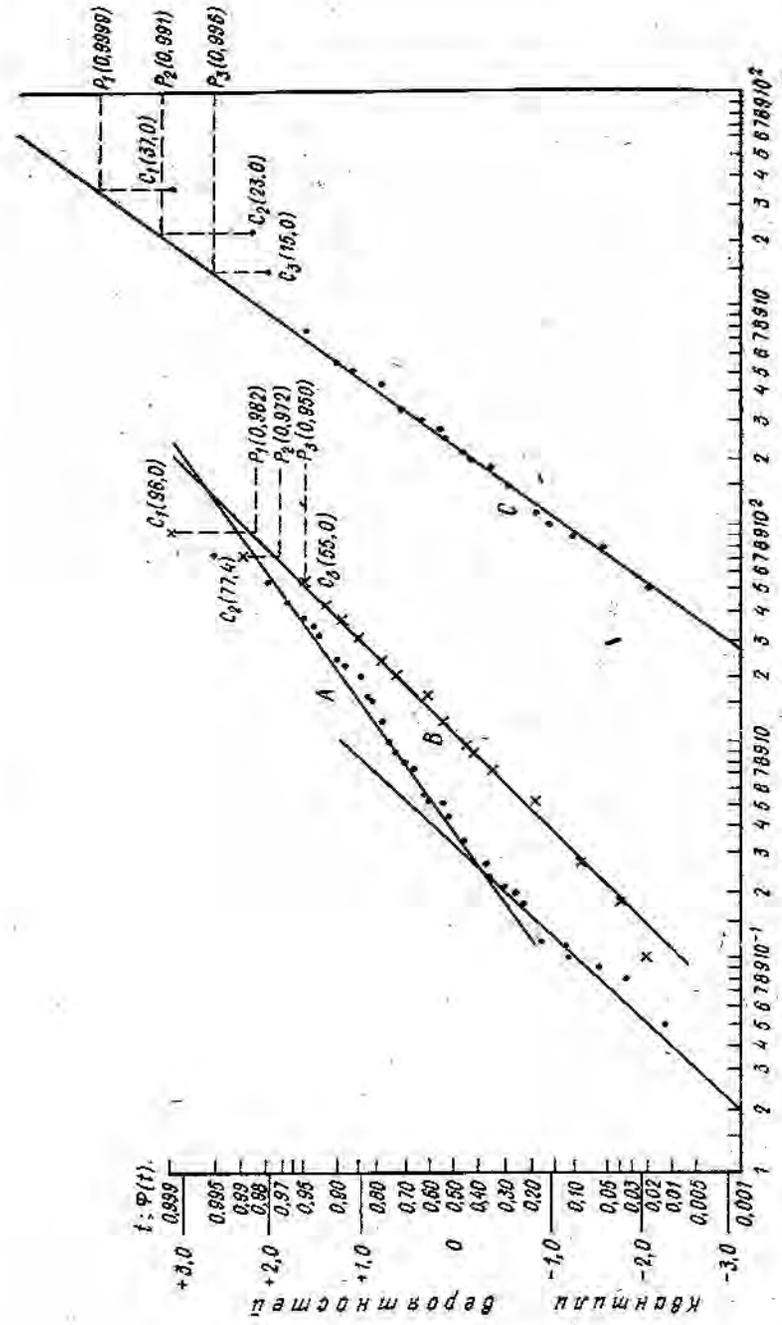
Когда изучаемое распределение оказывается достаточно близким к логнормальному, точки диаграммы образуют наклонную прямую линию или же группируются в пределах весьма узкой на-

клонной полосы, позволяющей провести усредненную прямую. Однако в отдельных случаях распределение точек можно усреднить только линией, состоящей, к примеру, из двух прямых отрезков, расположенных под углом (рис. 76, А). Это указывает на неоднородность распределения, вызванную наличием пространственно разобщенных руд с различным уровнем содержания золота. Выделение рудных скоплений по содержанию, значение которого определяется по излому усредняющей линии на графике, часто позволяет выделить участки рудного тела с различной интенсивностью оруденения.

Для проб каждого контура в отдельности составляется распределение их содержания и на вероятностном трафарете вновь отстраиваются диаграммы по накопленным частотам проб. Выделение таких участков позволяет получить графики, все точки которых, как правило, располагаются в пределах сравнительно узкой полосы. Это позволяет провести в ее пределах усредненную прямую (см. рис. 76, В и С), однако отдельные пробы могут заметно отстоять от данной линии. Например, на рис. 76, В две пробы располагаются выше линии основных проб. Доля длины, представляемой этими пробами (m_i и $m_i + 1$), в общей сумме опробованных мощностей рудного тела ($\sum_{k=1}^n m_k$) значительно больше той, кото-

рая соответствует зависимости между количеством руд и содержанием в них металла, описываемой всей совокупностью проб. Это завышение можно устранить сокращением длины нехарактерных проб. Для этого из обеих точек параллельно оси ординат проводят линии доусредненной прямой и находят вероятности выдающихся проб m_1 и m_2 (P_1 ; P_2) и вероятность P_3 ближайшей нормальной пробы на спрямляющей линии (проба с содержанием c_3). Вероятность для проб с содержанием от c_3 до c_2 равна $P_2 - P_3 = \Delta_{2,3}$, а с содержанием от c_2 до $c_1 - P_1 - P_2 = \Delta_{1,2}$. Вычисленные вероятности умножают на объем выборки и находят исправленные длины проб m_i .

Скорректированное относительное количество металла, представленное этими пробами, определяется как $m'_2 \cdot c_2$ и $m'_1 \cdot c_1$. Однако такая замена приводит к тому, что в расчете средних содержаний объемов и запасов руды участвуют различные значения мощностей рудных тел. Это может снизить количество руды при подсчете запасов, что в большинстве случаев неоправдано. Как правило, мощность не оказывает значительного влияния на увеличение запасов золота. Поэтому, оставляя прежние значения длины нехарактерных для данной выборки проб, рекомендуется пропорционально уменьшить содержание путем деления исправленных длин проб на неисправленные, фактически полученные длины проб. Вычисленные величины содержания рекомендуется учитывать при расчете среднего содержания вместо выдающихся значений. Сравнение с данными эксплуатации показывает, что применение вышеизложенной методики позволяет получить очень



Логарифмы вероятностей

Рис. 76. Распределение эмпирических вероятностей содержаний проб в контурах рудного тела (А), богатых (В) и рядовых (С) руд

Таблица 23

Расчетные параметры для ограничения ураганных проб

Руды	Содержание c	Мощность m	Метрограмм $m \times c$
Богатые	77,4	1,2 (0,66)*	92,88 (51,08)
Итого	96,0	0,3 (0,36)	28,80 (28,80)
		1,5 (1,02)	121,68 (79,88)
Рядовые	15,0	1,3 (2,07)	19,5 (31,05)
	23,0	0,4 (0,14)	9,2 (3,22)
Итого	37,0	0,5 (0,04)	18,5 (1,48)
		2,2 (2,25)	47,22 (35,75)

* В скобках даны откорректированные значения параметров.

близкие количества золота по результатам подсчета запасов и добычи (расхождение не превышает 4 %).

Рассмотрим порядок ограничения ураганных проб на конкретном примере. При оконтуривании оруденения по содержанию золота 3 г/т (определенного по области диаграммы А на рис. 76) выделено два, примерно одинаковых по площади, однородных по строению и распределению содержаний золота участка: один с богатыми, другой с рядовыми рудами (см. табл. 23). В контуре богатых руд содержания 77,4 и 96 г/т, а в контуре рядовых руд 15, 23 и 37 г/т, что требует корректировки в соответствии с общим характером распределения содержаний золота. Определяем, что в контуре богатых руд вероятность проб с содержанием 77,4 г/т должна быть 0,972 (P_2), 96 г/т—0,982 (P_1); в контуре рядовых руд: для 15 г/т—0,996 (P_3), 23 г/т—0,9991 и 37 г/т—0,9999. Вычисляем вероятности проб от 55 до 77,4 г/т, от 77,4 до 96 г/т и т. д. ($55,0 < C < 77,4$) = 0,972—0,950 = 0,022; ($77,4 < C < 96,0$) = 0,982—0,972 = 0,010; ($8,0 < C < 15,0$) = 0,996—0,950 = 0,046; ($15,0 < C < 23,0$) = 0,9991—0,996 = 0,0031; ($23,0 < C < 37,0$) = 0,9999—0,9991 = 0,0008.

Далее находят скорректированные мощности метрограмм; $m'_{77,4} = 0,022 \times 30,1 = 0,66$, $m'_{96} = 0,010 \times 30,1 = 0,30$, $m'_{c_{77,4}} = 0,66 \times 77,4 = 51,08$; $m'_{15} = 0,046 \times 45,0 = 2,07$, $m'_{c_{15}} = 2,07 \times 15,0 = 31,05$; $m'_{23} = 0,0031 \times 45,0 = 0,14$, $m'_{c_{23}} = 0,14 \times 23,0 = 3,22$; $m'_{37} = 0,0008 \times 45,0 = 0,04$, $m'_{c_{37}} = 0,04 \times 37,0 = 1,48$. Полученные данные сведены в табл. 23 и 24.

Учитывая сравнительно близкие показания проб, а также их случайный характер в подобных случаях рекомендуется две пробы богатых руд ограничить одной и той же величиной c . Аналогично заменяются пробы рядовых руд, т. е. $c_{60r} = 79,88 : 1,5 = 53,3$; $c_{ряд} = 35,75 : 2,2 = 16,2$.

Таблица 24

Данные опробования и распределение эмпирических вероятностей проб, отобранных в контуре богатых (числитель) и бедных (знаменатель) руд

№ п/д	Содержание c , г/т	Длина m , м	$m \times c$	$q = \frac{m}{\Sigma m}$	$q (E)$
1	1,0/0,5	0,6/0,9	0,6/0,45	0,020/0,020	0,020/0,020
2	1,8/0,8	0,6/1,8	1,08/1,44	0,020/0,040	0,040/0,060
3	2,8/0,9	1,7/2,7	4,76/2,43	0,056/0,060	0,096/0,120
4	5,1/1,0	2,9/2,2	14,79/2,20	0,096/0,049	0,192/0,169
5	7,5/1,3	4,5/1,0	33,75/1,30	0,150/0,022	0,342/0,191
6	9,0/1,5	2,5/4,9	22,50/7,35	0,083/0,109	0,425/0,300
7	9,9/1,8	0,7/3,4	6,93/6,12	0,023/0,076	0,448/0,376
8	12,5/2,0	3,3/2,7	41,25/5,40	0,110/0,060	0,558/0,436
9	15,1/2,1	1,3/1,8	19,63/3,78	0,043/0,40	0,601/0,476
10	20,0/2,5	4,3/3,8	86,00/9,50	0,143/0,084	0,744/0,560
11	24,3/2,8	1,3/1,1	31,59/3,08	0,043/0,024	0,787/0,584
12	31,0/3,0	2,1/4,1	65,10/12,30	0,070/0,091	0,857/0,675
13	37,6/3,4	0,7/2,0	26,32/6,80	0,023/0,044	0,880/0,719
14	43,4/4,5	1,2/3,6	52,08/16,20	0,040/0,080	0,920/0,799
15	55,0/5,2	0,9/3,6	49,50/18,72	0,030/0,080	0,950/0,879
16	77,4/5,8	1,2/1,4	92,88/8,11	0,040/0,031	0,990/0,910
17	96,0/8	0,3/1,8	28,80/14,40	0,010/0,040	—/0,950
18	—/15,0	—/1,3	—/19,50	—/0,029	—/0,979
19	—/23,0	—/0,4	—/9,20	—/0,009	—/0,988
20	—/37,0	—/0,5	—/18,50	—/0,011	—/—

Для контура богатых руд:

$$\Sigma m = 30,1; \Sigma m_{\text{кис}} = 577,02 \quad \bar{c} = 577,02 : 30,1 = 19,2 \text{ г/т};$$

$$\Sigma m' c_{\text{исп}} = 53,522; \bar{c}_{\text{исп}} = 53,522 : 30,1 = 17,8.$$

Для контура бедных руд:

$$\Sigma m = 45,0; \Sigma m_{\text{кис}} = 166,79 \quad \bar{c} = 166,79 : 45,0 = 3,7 \text{ г/т};$$

$$\Sigma m' c_{\text{исп}} = 155,34; \bar{c}_{\text{исп}} = 155,34 : 45,0 = 3,5.$$

Иногда оконтурить богатые руды среди рядовых на планах и разрезах невозможно из-за недостаточной плотности сети или очень малых размеров скоплений богатых руд. В этом случае приходится пользоваться только статистическими методами выделения однородных совокупностей в пространстве.

Так, например, в контуре рядовых руд имеются три обособленные пробы с содержаниями c_1 , c_2 и c_3 , которые на графиках резко отклоняются от средней линии (см. рис. 76, С). Как и в предыдущем примере, определяются: $P_1, P_2, P_3; \Delta_{1,2}, \Delta_{2,3}, \Delta_{3,4}; m'_1, m'_2, m'_3; m'c_1, m'c_2, m'c_3$. Мощности проб в процессе исследования не изменяются, а снижаются ураганные содержания.

Построение графиков и расчет параметров распределений рекомендуется проводить на вероятностных графиках. Это позволяет значительно сократить объем вычислительных операций и сделать весь процесс ограничения ураганных проб более нагляд-

ным. В качестве единичных наблюдений рекомендуется принимать содержания по сечениям.

Таким образом, в зависимости от конкретных геологических условий и имеющейся информации выявление и ограничение ураганных содержаний может быть проведено разными приемами. Наиболее обоснованные результаты могут быть получены с использованием вероятностно-статистических методов анализа данных при всестороннем изучении особенностей распределения золотого оруденения.

3. Применение коэффициентов при подсчете запасов

При подсчете запасов золоторудных месторождений иногда возникает необходимость введения коэффициентов. Применение их должно быть тщательно обосновано.

Наиболее часто в практике геологоразведочных работ используется коэффициент рудоносности. Он применяется на месторождениях со сложным и прерывистым распределением оруденения, где любое разведочное пересечение имеет несколько рудных интервалов, разобщенных безрудными промежутками. Из-за этого на таких месторождениях в процессе разведочных работ практически не удается увязать и оконтурить на соседних разрезах участки руд с промышленным содержанием. Коэффициент рудоносности чаще всего применяется при подсчете запасов на некоторых золоторудных месторождениях типа жильных и минерализованных зон, а также на месторождениях, представленных многочисленными, сближенными, но трудно увязываемыми между собой рудными телами.

На величину коэффициента рудоносности большое влияние оказывает правильность установления внешнего подсчетного контура рудного тела (зоны). Внешний контур может быть проведен по естественным геологическим границам или по установленным лимитам с учетом степени рудонасыщенности в крайних частях рудного тела (зоны). Промышленные интервалы выделяются на общих основаниях по пробам с бортовым содержанием, но при условии, что каждый промышленный или непромышленный интервал отвечает установленным лимитам по мощности или по среднему содержанию золота.

Коэффициент рудоносности внутри подсчетного контура определяется как отношение суммы длин промышленных интервалов к суммарной длине разведочных выработок в пределах промышленного контура рудного тела (рудоносной зоны).

При введении коэффициента рудоносности в подсчет запасов объем блока рудного тела (зоны) определяется в установленном внешнем подсчетном контуре, а среднее содержание в этом же контуре только по промышленным интервалам. Коэффициент рудоносности вводится в значение запасов рудной массы. Зная запасы руды и среднее содержание металла, определяют количество металла в руде.

Применение коэффициента рудоносности при подсчете запасов в мощных рудных зонах (рудных телах), отличающихся сложным пространственным соотношением балансовых и забалансовых руд, позволяет на стадии детальной разведки применять разведочную сеть нормальной плотности. В противном случае для оконтуривания балансовых руд приходится в несколько раз уплотнять разведочную сеть, но точность оконтуривания балансовых руд все равно остается невысокой. Использование коэффициента рудоносности вносит значительную долю условности в подсчет запасов — чем меньше величина коэффициента рудоносности, тем ниже точность результатов подсчета.

В практике разведки золоторудных месторождений были попытки ввода других поправочных коэффициентов, а именно коэффициентов к исходным данным подсчета запасов. Однако введение любых поправочных коэффициентов должно быть первоначально обосновано анализом факторов, вызывающих занижение или завышение тех или иных подсчетных параметров (мощностей, содержаний, объемов и т. п.).

В ряде случаев поправочные коэффициенты применяются при разведке золоторудных месторождений бурением, в частности при занижении или завышении подсчетных параметров, установленных по данным бурения по отношению к результатам горных работ. В значительной мере это относится к результатам колонкового бурения, на которые влияет избирательное истирание керна. При этом в зависимости от особенностей распределения золота и неоднородности физико-механических свойств руды избирательное истирание может привести к завышению или занижению содержаний в керновых пробах, что связано с преимущественным истиранием нерудных или рудных минеральных агрегатов. В подобных случаях и при условии, что систематические погрешности кернового опробования неустраняемы введение поправочных коэффициентов может быть оправдано и должно быть обосновано анализом причин, вызывающих избирательное истирание при различных выходах керна и диаметре бурения. Величины поправочных коэффициентов должны быть скоррелированы с указанными параметрами бурения, если руды характеризуются однородным типовым составом. На месторождениях, где выделено несколько типов руд, значения поправочных коэффициентов должны быть определены для каждого типа руды.

Занижение содержаний золота по керну может быть связано с характером распределения золота в рудах. Такие случаи известны для месторождений с крайне равномерным распределением золота. Избавиться от влияния этого фактора можно бурением серии или куста сближенных скважин, но это не всегда осуществимо из-за значительных технических осложнений. Поправочные коэффициенты на степень неравномерности распределения следует устанавливать только на основе заверочных работ. При этом величины поправок должны быть рассчитаны в соответствии с выбранными классами содержаний.

Имеют место случаи введения поправочных коэффициентов к данным опробования горных выработок, в частности бороздового. Это связано прежде всего с избирательным выкрашиванием при отборе проб из хрупких и ослабленных участков, обогащенных золотом.

В ряде случаев при подсчете запасов на продольной вертикальной проекции по жильным рудным телам малой мощности, характеризующимся сложной формой, вводится поправочный коэффициент на степень морфологической сложности таких рудных тел. Применение коэффициента в этом случае правомочно при выдержанной мощности рудных тел. Поправочный коэффициент рассчитывается как отношение общей длины извилистого контура рудного тела к его длине на вертикальной продольной проекции. Затем этот коэффициент вводится в величину площади блоков, замеренной на проекции.

В каждом конкретном случае применение поправочных коэффициентов к исходным данным подсчета запасов возможно только на основе широкого и достаточно представительного комплекса заверочных работ, а также полного анализа горно-геологических и горно-технических факторов, влияющих на надежность определения разведочных параметров. При этом рекомендуется использовать систему поправочных коэффициентов, разработанную на основе соответствия величин поправок к определенному классу значений признака или параметра (содержания, сложности, морфологии и т. п.).

Под геолого-экономической оценкой понимают определение экономической целесообразности детализации разведки и последующего освоения промышленностью изучаемых месторождений. В какой-то мере в процессе геолого-экономической оценки дополнительно затрагиваются такие вопросы, как: обеспеченность промышленности существующей сырьевой базой металла; обеспеченность разведанными запасами действующих предприятий; возможность частичного распределения общих капиталовложений на другие объекты данной отрасли или на смежные отрасли народного хозяйства и другие аспекты. Однако в геологоразведочной практике по ряду причин перечисленные вопросы чаще всего решаются либо в самых общих чертах, либо вовсе опускаются.

Основными принципами геолого-экономической оценки являются: максимальное удовлетворение текущих и перспективных потребностей народного хозяйства в полезном ископаемом; минимальные затраты труда, времени и средств на производство минерального сырья и получение максимального экономического эффекта; полное и комплексное использование недр; рациональное сочетание территориальных и отраслевых интересов при освоении месторождения и охрана природы. Но в практической деятельности организаций, занятых разработкой ТЭО кондиций и геолого-экономической оценкой месторождений, главным служит принцип окупаемости эксплуатационных расходов извлекаемой ценностью полезного ископаемого.

Геолого-экономическая оценка золоторудных месторождений, так же как и других дефицитных полезных ископаемых, отличается определенной спецификой. Так, при расчете полной себестоимости добычи и переработки 1 т руды, как правило, не учитываются затраты на геологоразведочные работы. Оценка по приведенным затратам также малоэффективна, поскольку эффективность капиталовложений, которая является составляющей этих затрат, для золотодобывающей промышленности нельзя считать устоявшейся величиной. Характерная особенность оценки золоторудных месторождений — некоторая неопределенность ценностных критериев. Для разных условий освоения месторождений они различны.

В связи с быстрым развитием экономики малоосвоенных районов и изменением конъюнктуры на металл на мировом рынке подход к определению расчетной цены золота может быть различным. Это вызывает необходимость значительного увеличения вариантов технико-экономических решений. Уровень рентабельности освоения месторождений нередко оказывается второстепенным показателем.

Большое значение приобретает такой параметр, как ожидаемая себестоимость 1 г металла. Роль золота, как валютного металла, также находит определенное отражение в специфике оценки золоторудных месторождений. Поэтому при решении вопросов очередности освоения оцениваемых месторождений влияние социальных аспектов в данном случае оказывается большим, чем для месторождений других полезных ископаемых.

Дефицитность сырья, транспортабельность концентратов и добытого металла, а также потребность в нем народного хозяйства страны с теоретических позиций диктуют целесообразность применения единой максимально допустимой цены металла для оценки разведываемых месторождений. В качестве таковой на всех стадиях оценки следовало бы применять предельно допустимую себестоимость металла. Это позволило бы наиболее полно и экономически эффективно использовать запасы в недрах. Однако применение данного ценностного критерия в практике оценки связано с некоторыми трудностями, преодолеть которые пока полностью не удается.

С одной стороны, теоретические основы и способы определения величины единой предельно допустимой себестоимости для отрасли в целом недостаточно разработаны. Это связано с существенной ролью попутной добычи металла из многокомпонентных руд, различной капиталоемкостью россыпных и коренных месторождений золота, дискуссионным характером величины «замыкающего объема» (т. е. объема добычи с предельно допустимой себестоимостью) и другими аспектами. С другой стороны, практически это трудноосуществимо в связи с резким усложнением планирования геологоразведочного производства и размещения затрат на разведку, а также с большой сложностью решения социальных вопросов (освоения новых районов, занятости населения и т. д.).

Поэтому в практике геолого-экономической оценки золоторудных месторождений на стадиях предварительной и детальной разведки используются установленные расчетные цены на металл. Но на стадии поисковых работ, по мнению многих специалистов, учитывая длительные сроки разведки, подготовки и промышленного освоения вновь выявленных месторождений, целесообразно применять предельно допустимую себестоимость.

Особенности геолого-экономической оценки золоторудных месторождений на разных стадиях геологоразведочного процесса обуславливаются совокупностью исходных данных, т. е. полнотой и точностью определения геологических параметров и горно-технических условий освоения. Существенно различаются и сами объекты изучения.

На стадии поисковых работ границы месторождения как по площади, так и на глубину, как правило, не установлены. Геологоразведочные работы сосредотачиваются на отдельных рудных телах или группе сближенных тел и охватывают только общие верхние, близповерхностные горизонты. Поэтому оценить общий масштаб промышленного оруденения сложно. Сведения о наличии скрытых

рудных тел отсутствуют, характер распространения оруденения на глубину не изучен. Все это создает определенные предпосылки для занижения общих запасов месторождения.

В то же время, если предположить повсеместную сплошность оруденения и распространить значительные параметры мощности и содержания руд, установленные по редким разведочным пересечениям, на большие интервалы, то общие запасы будут завышены.

По результатам предварительной разведки масштаб месторождения представляется уже вполне определенным. Остаются недо-разведанными только фланги и глубокие горизонты. Вероятность встречи скрытых рудных тел и их возможные характеристики оцениваются более или менее надежно.

Таким образом, на стадии поисковых работ возникает опасность недооценки масштабов месторождения и завышения качества руд, что маловероятно при изучении месторождения в целом на стадии предварительной разведки.

Различия в оценке месторождений золота на разных стадиях по мере детализации геологоразведочных работ сглаживаются. Так, например, разница между оценкой их на стадиях предварительной и детальной разведки значительно меньше, чем между оценками по результатам поисковых работ и предварительной разведки. На стадии поисковых работ состав параметров кондиций ограничен всего двумя-тремя лимитами, которые не варьируют, так же как не варьируют обычно возможные системы разработки и другие условия освоения месторождения промышленностью. Такие экономические параметры, как прибыль, рентабельность эксплуатации, срок окупаемости затрат и др., не рассматриваются вообще.

На стадии предварительной разведки при оценке месторождений широко используются укрупненные показатели и параметры месторождений-аналогов. Число вариантов бортового лимита ограничено тремя-четырьмя его значениями; ряд условий освоения или не варьирует вообще (т. е. принимается какой-либо один вариант), или рассматриваются только две возможности каждого из них. Надежность определения основных геологических, горно-технических и технико-экономических параметров при детализации геологоразведочных работ может быть повышена, особенно для недостаточно изученных участков.

Тем не менее для каждого месторождения, как правило, разрабатываются технико-экономическое обоснование (ТЭО) и проект временных кондиций, которые затем утверждаются Минцветметом СССР. При составлении ТЭО учитываются установленные индивидуальные особенности рассматриваемого месторождения и рассчитываются все экономические показатели освоения его промышленностью.

На стадии детальной разведки дается всесторонняя оценка месторождения с помощью максимально возможного количества горно-геологических показателей, величина которых, как правило, устанавливается путем прямых расчетов. Надежность определения

каждого из этих показателей для месторождения в целом является максимально возможной, а выводы по оценке имеют окончательный характер. Техничко-экономические расчеты отличаются многовариантностью. Варьируют не только значения бортового лимита, но и способы вскрытия и отработки месторождения, состав предприятия, годовая производительность рудника и фабрики, условия транспортировки руды и концентратов, условия снабжения электроэнергией, водой, материалами и т. д. Рассмотрим более подробно порядок геолого-экономической оценки месторождений на каждой из стадий.

На стадии предварительной разведки необходимо осветить следующие вопросы: определение общих масштабов оруденения и среднего качества руд, выяснение вещественного состава и технологических свойств руд, выбор принципиальных схем обогащения, возможность и необходимость использования в качестве попутных других полезных ископаемых, изучение горно-технических и гидрогеологических условий эксплуатации запасов, установление возможного размера капиталовложений в промышленное строительство предприятия и сопряженные отрасли, его годовой производительности и состава, а также способы и системы отработки [10].

На стадии предварительной разведки оценка осуществляется на базе запасов категорий C_1 и C_2 и прогнозных ресурсов категории R_1 , относимых к конкретным рудным телам. Разведка должна дать представления об общем геологическом строении месторождения, изученном с помощью горных выработок и скважин, пробуренных, как правило, по редкой сети. Достаточно надежно следует выявить влияние главных факторов на локализацию оруденения, а представление о форме рудных тел и условиях их залегания должно позволить наиболее рационально выбрать направление дальнейших разведочных работ. Распределение в пространстве сортов и типов руд на этой стадии устанавливается приближенно. В ряде случаев характер поведения оруденения на глубине и флангах остается при этом недостаточно изученным.

Если повариантные расчеты указывают на весьма малую (значительно меньшую неизбежных погрешностей расчетов) разницу в характеристике запасов и экономических показателей, приходится использовать менее точный — прямой аналитический метод определения бортового лимита, исходя из предельной (замыкающей) по отрасли себестоимости металла и предстоящих собственных расходов на 1 т руды, непосредственно связанных с процессом ее добычи и переработки.

Для обоснования перспективных вариантов оценки месторождений с учетом прогнозных ресурсов и возможных изменений цен можно использовать номограммы, разработанные в ЦНИГРИ.

На стадии детальной разведки геолого-экономическая оценка месторождения осуществляется в таком же порядке, как и на стадии предварительной разведки. Состав параметров почти не меняется. Иногда только в кондиции дополнительно вклю-

чаются такие параметры, как минимальные запасы металла в обособленных рудных телах, максимальная глубина подсчета запасов, предельный коэффициент вскрыши, минимальный коэффициент рудоносности и др.

Отличие от предыдущих стадий заключается лишь в более детальной проработке отдельных аспектов оценки, уточнения вариантов вскрытия и разработки месторождения, усовершенствования технологической схемы переработки руды и отдельных ее составляющих и, наконец, в оптимизации основных технико-экономических показателей освоения.

Характерная черта этой стадии — ужесточение кондиций не столько путем повышения лимитов кондиций, сколько за счет уменьшения объемов, к которым они применяются. Как известно, минимально промышленное содержание применяется для разбраковки подсчетных блоков на балансовые и забалансовые. В результате сгущения разведочной сети в процессе детализации геологоразведочных работ и повышения степени разведанности месторождения величина отдельных подсчетных блоков в среднем значительно уменьшается. И хотя положениями действующей инструкции ГКЗ СССР [12] допускается максимальный объем подсчетных блоков, равный годовой производительности предприятия, однако большинство подсчетных блоков, выделяемых по принципу геологической однородности и степени изученности запасов, все же оказываются значительно меньше этой предельной величины. В связи с этим часть запасов низкого качества, включавшихся ранее в промышленные контуры, выбраковывается и уходит за баланс.

Особое внимание уделяется технологическим свойствам руд в связи с необходимостью геометризации и отдельного подсчета выделяемых типов и сортов. В последние годы в качестве одного из обязательных требований, предъявляемых к детально разведанным запасам, выступает достаточная изученность распределения в пространстве руд с различными технологическими свойствами, которая достигается специальным технологическим картированием. Уточняются также условия и технико-экономические показатели, отдельные фрагменты технологической схемы, чаще всего связанные с переработкой концентратов, получаемых в результате обогащения.

Высокая динамичность цен на основные металлы и результаты дополнительных технологических исследований в промышленных и полупромышленных масштабах нередко приводят к расширению круга извлекаемых сопутствующих компонентов и вызывают необходимость дополнительных расчетов и уточнения переводных коэффициентов для пересчета их в условный металл.

В случае открытой разработки месторождения детально оцениваются возможности использования полезных ископаемых вскрыши. Определяются области их применения, потребители, предполагаемые объемы потребления, ценность извлекаемых полезных компонентов или самих пород. Изучение полезных ископаемых

вскрыши, сопровождаемое специальными технологическими исследованиями, промышленными или полупромышленными испытаниями, позволяет учитывать их извлекаемую ценность при расчете лимитов содержания основного металла, рентабельности будущего предприятия и других технико-экономических показателей.

В целом же состав параметров кондиций, используемых на стадиях предварительной и детальной разведки и порядков их определения различаются мало. Они регламентируются соответствующей инструкцией ГКЗ СССР [13], которая предусматривает в качестве основных параметров кондиций следующие показатели.

1. Минимально промышленное содержание полезного компонента, при котором извлекаемая ценность минерального сырья обеспечивает возмещение всех затрат на получение товарной продукции при нулевой рентабельности эксплуатации. Этот параметр должен устанавливаться применительно к подсчетному блоку. В отдельных случаях при наличии специального технико-экономического обоснования допускается его отнесение к группе блоков или в целом к небольшому месторождению.

2. Бортовое содержание полезных компонентов в пробе, при котором оконтуриваются запасы по мощности рудного тела в случае отсутствия четких геологических границ.

3. Минимальное содержание полезных компонентов по пересечению рудного тела выработкой для оконтуривания рудного тела по простиранию и падению.

4. Максимально допустимое содержание вредных примесей в подсчетном блоке, по пересечению (интервалу) или в пробе.

5. Коэффициенты для приведения содержаний ценных попутных компонентов к условным содержаниям основного компонента.

6. Минимальные содержания компонентов, учитываемые при приведении.

7. Минимальный коэффициент рудоносности в подсчетном блоке.

8. Минимальные мощности тел полезных ископаемых или соответствующий метrogramм.

9. Максимально допустимая мощность прослоев пустых пород или некондиционных руд, находящихся внутри контура полезного ископаемого и включаемых в подсчет запасов.

10. Минимальные запасы изолированных тел полезных ископаемых, участков.

11. Максимальная глубина подсчета запасов.

12. Предельный коэффициент вскрыши или максимально допустимое соотношение мощностей вскрышных пород и рудных тел.

Рассмотрим способы определения основных параметров кондиции, рекомендуемые ГКЗ СССР и получившие наиболее широкое применение в практике геолого-экономической оценки золоторудных месторождений.

Минимально промышленное содержание C_{\min} вычисляется по формуле.

$$C_{\min} = \frac{\sum Z}{C \cdot K_p \cdot I},$$

где $\sum Z$ — полная себестоимость добычи, транспортировки и переработки 1 т руды, учитывающая все издержки производства; C — расчетная цена (или предельно допустимая себестоимость) единицы полезного ископаемого; K_p — коэффициент разубоживания руды при добыче; I — сквозное извлечение полезного ископаемого (с учетом металлургического передела — для руд благородных металлов).

Для многокомпонентных руд этот лимит устанавливается по содержанию условного металла, в который с помощью переводных коэффициентов пересчитываются все попутные компоненты.

При намечаемом использовании промышленностью вскрышных пород, хвостов обогащения и других полезных компонентов эксплуатационные затраты на добычу и переработку руды уменьшаются на величину получаемых дополнительных накоплений, и формула для расчета минимально промышленного содержания примет вид

$$C_{\min} = \frac{\sum Z}{(C + C_n) K_p \cdot I},$$

где C_n — извлекаемая ценность попутных компонентов, приходящаяся на 1 т руды.

Бортовое содержание служит для правильного учета специфических геологических особенностей конкретного оцениваемого месторождения, выявления оптимального варианта его эксплуатации, достижения максимального экономического эффекта при наименьших затратах и потерях сырья.

Большинство исследователей признает целесообразным устанавливать оптимальную величину бортового лимита экспериментальным путем. Выбираются (по аналогии с месторождениями такого же типа и подобными же условиями освоения) несколько вариантов бортового содержания, по которым оконтуриваются и подсчитываются разведанные запасы месторождения. На базе каждого из этих вариантов запасов (соответствующих тому или иному варианту борта) определяются производительность будущего предприятия и другие условия освоения месторождения; затем рассчитываются основные технико-экономические показатели и выбирается наилучший из освещенных расчетами вариантов.

Такой порядок определения оптимального значения бортового лимита предусматривается инструкцией ГКЗ СССР, в которой указывается, что «количество вариантов бортовых содержаний должно быть достаточным для обоснования оптимальной его величины (обычно не менее 3—4 при наличии значений больше и меньше оптимальных)».

В общем случае в процессе геолого-экономической оценки месторождений с нечеткими геологическими границами необходимо

выделять и анализировать результаты применения следующих вариантов бортового лимита: естественного; оптимального; критического и промежуточных (одного или двух).

Под естественным бортом следует понимать то наиболее низкое значение лимита содержания, при использовании которого контуры запасов будут близки или даже совпадать с геологическими границами рудоносной структуры. При отсутствии четких геологических ограничений в виде контактов литологических разностей пород, тектонических контактов и других геологических линий раздела на месторождениях рассматриваемого типа намечаются переходы от интенсивной рудогенетической минерализации к рассеянной вкрапленности рудных минералов во вмещающих породах. Весь опыт геолого-экономической оценки месторождений, накопленный ГКЗ СССР, Мингео СССР, Минцветметом СССР и ЦНИГРИ, свидетельствует о том, что в подавляющем большинстве случаев освоение промышленностью всех запасов в пределах рудоносных зон нерентабельно; наиболее бедные руды (чаще всего в периферических частях рудоносных структур) целесообразно оставлять за бортом.

Однако известны месторождения, для которых применение всех других бортовых лимитов приводило к выделению искусственных контуров, далеких от действительности и не выдерживаемых при эксплуатации, так что приходилось признавать единственно рациональным именно естественный борт. Поэтому анализ результатов применения естественного борта на всех месторождениях с нечеткими геологическими границами рудных тел следует считать целесообразным не только из-за соответствия контуров подсчета реальным особенностям месторождения и условиям его эксплуатации, но также и потому, что расчетные цены на валютное сырье изменчивы, и к началу отработки первоначальный вывод о нерентабельности его освоения при том или ином варианте может оказаться устаревшим, и разведанное месторождение будет эксплуатироваться с необходимой прибылью.

Оптимальный вариант бортового лимита обеспечивает максимальную эффективность освоения месторождения при минимальных потерях сырья и не требует особых разъяснений.

Понятие о критическом значении бортового лимита базируется на результатах проведенных в ЦНИГРИ экспериментальных работ и вводится в данной работе впервые. Как показали исследования, в случае применения критического борта для оконтуривания разведанных запасов рудные залежи простой морфологии и крупных размеров распадаются на многочисленные мелкие, сложные по форме рудные тела, и само месторождение, как правило, переводится в другую группу объектов разведки по классификации ГКЗ СССР. При этом большая часть разведанных запасов остается за пределами разработок и теряется в недрах.

Очевидно, что критический борт является неприемлемым, наиболее высоким значением лимита содержания. Зная крайние показатели бортового содержания (естественный и критический), ме-

жду которыми должен находиться оптимальный вариант этого лимита, далеко не всегда удается сразу определить последний. Поэтому приходится проверять один, два, а то и три варианта, один из которых окажется оптимальным, а другие будут вспомогательными. Эти вспомогательные значения борта составители предлагают называть промежуточными.

Минимальное содержание полезных компонентов по пересечению рудного тела выработкой для оконтуривания рудного тела по простиранию и падению в соответствии с указаниями ГКЗ СССР должно устанавливаться «наряду с бортовым и минимальным промышленным содержанием во избежание неоправданного исключения из числа балансовых запасов краевых подсчетных блоков, содержание ценных компонентов в которых, несколько менее минимального промышленного, но достаточно для покрытия предстоящих затрат по их добыче и переработке».

В инструкции ГКЗ СССР [13] сказано, что этот параметр применяется в основном на месторождениях неметаллических полезных ископаемых и что он «определяется повариантными или прямыми технико-экономическими расчетами». С точки зрения составителей этой работы прямые расчеты не позволяют с достаточной точностью установить величину этого лимита, поскольку он не имеет четкого (определенного) экономического смысла. Нельзя с достаточной определенностью выделить те статьи затрат, которые следует учитывать при расчете его значения, и какие не нужно принимать во внимание. Правильное определение величины последнего вариантным путем на месторождениях, не имеющих четких геологических границ, весьма сложная задача, поскольку необходимо учитывать тесные связи этого параметра с бортовым лимитом и минимальным промышленным содержанием. Если бортовое содержание определяется минимум по трем вариантам, то минимальное содержание по пересечению рудного тела выработкой по логике также должно обосновываться не менее чем тремя вариантами. Учитывая их связи, необходимо проанализировать все влияния этих двух лимитов на запасы месторождения. Анализ результатов применения варьируемых лимитов содержания — это очень сложная операция и осуществление ее вряд ли целесообразно, поскольку влияние минимального содержания по пересечению рудного тела выработкой на общую оценку промышленного значения месторождения невелико.

Если же устанавливать величину этого лимита без учета связи его с бортовым содержанием, то, как показали исследования на конкретном месторождении, возникают очевидные разногласия, приводящие к противоречивым (или даже парадоксальным) результатам.

Переводные коэффициенты рассчитываются исходя из следующих соображений. Для оценки месторождений многокомпонентных руд необходимо учесть роль каждого из попутных компонентов в определении промышленного значения место-

рождения. Эта роль определяется отношением экономического эффекта от рассматриваемого компонента к экономическому эффекту от извлечения основного компонента из 1 т руды. Для этой цели содержания всех попутных компонентов приводятся к одному условному. В качестве условного обычно выбирается основной компонент, извлекаемая ценность которого из 1 т руды доминирует. В общем виде формула для определения переводного коэффициента имеет следующий вид [8]:

$$K_{1/0} = \frac{(\Pi_1 - Z_{TK1} - Z_{M1}) I_{O1} \cdot I_{M1} - \frac{Z_{Gr1}}{1 - \Pi_1}}{(\Pi_0 - Z_{TK0} - Z_{M1}) I_{O0} \cdot I_{O0} - \frac{Z_{Gr0}}{1 - \Pi_0}}$$

где $K_{1/0}$ — переводной коэффициент для попутного компонента; Π_1 — ценностный критерий для попутного компонента (цена или замыкающие затраты); Z_{TK1} , Z_{M1} — затраты соответственно на транспортировку концентрата попутного компонента и его металлургический передел; I_{O1} , I_{M1} — извлечение попутного компонента соответственно при обогащении и металлургическом переделе; Z_{Gr1} — затраты на геологоразведочные работы в пересчете на единицу попутного компонента; Π_0 — потери попутного компонента в недрах; Π_0 , Z_{TK0} , I_{O0} , I_{O0} , Z_{Gr1} , Z_{Gr0} , Π_0 — соответствующие (приведенным выше) показатели для основного компонента.

С теоретических позиций наиболее правильно было бы использовать в качестве ценностных критериев (Π_0 , Π_1 и т. д.) замыкающие затраты, определенные для каждого из рассматриваемых компонентов. Однако в практике составления проектов кондиций ценностными критериями, как правило, служат расчетные цены. Целесообразность такого порядка оправдывается необходимостью единообразия в методике учета извлекаемых ценностей всех полезных компонентов. Поскольку для многих попутных компонентов (особенно редких и рассеянных) замыкающие затраты не установлены, используются расчетные цены. В качестве последних, очевидно, должны применяться именно те, которые установлены для расчета кондиций самостоятельных месторождений данного полезного ископаемого в данном районе. Это положение имеет значение главным образом для месторождений золота. В то же время для большинства цветных металлов ГКЗ СССР требует использовать оптовые цены. Следовательно, для золота единообразие применяемых ценностных критериев нарушается. Затраты на геологоразведочные работы при оценке месторождений благородных металлов не учитываются, а затраты на транспортировку концентратов попутных компонентов обычно невелики (в связи с небольшим их количеством). Поэтому для расчета переводных коэффициентов чаще всего используется упрощенная формула

$$K_{1/0} = \frac{\Pi_1 \cdot I_1}{\Pi_0 \cdot I_0}$$

Лимиты минимальных учитываемых содержаний попутных компонентов устанавливаются в связи с необходимостью определения того предела, при котором в принятом технологическом процессе удастся извлекать данный компонент с достаточной полнотой. Однако четкое обоснование этих пределов отсутствует, поскольку достаточная полнота извлечения — понятие неопределенное. Во всяком случае лимиты минимально учитываемых содержаний должны быть не ниже содержаний в хвостах с учетом извлечения при металлургическом переделе. Если, например, содержание попутного свинца в хвостах обогатительной фабрики составляет в среднем 0,22 %, а извлечение его из концентрата при металлургическом переделе 90 %, то минимально учитываемое содержание этого металла должно быть не ниже 0,2 %. Обычно в качестве предела принимают именно такое содержание попутного компонента.

Минимальная мощность рудных тел и максимально допустимая мощность некондиционных прослоев, включаемых в контур балансовых запасов, характеризуют размеры геологических образований вкострости простираения (т. е. нормальные мощности). Мощности геологических тел с четкими границами испытывают как закономерные, так и случайные изменения.

Закономерная изменчивость связана с особенностями геологического строения месторождения и, в частности, с неодинаковой интенсивностью рудной минерализации в различных направлениях, влиянием тех или иных тектонических структур, определяющих анизотропию рудной залежи, и т. д.

Случайная изменчивость обуславливается влиянием многочисленных локальных факторов. В литературе имеются сведения как о нормальном, так и логнормальном характере распределения мощностей рудных тел.

Для рудных тел золоторудных месторождений, не имеющих четких геологических границ, говорить о каком-то определенном законе распределения мощностей промышленных рудных тел вряд ли имеет смысл. Еще менее четкое понятие — мощность некондиционных прослоев.

Под некондиционным прослоем обычно понимается участок, сложенный слабоминерализованными (забалансовые руды) или пустыми породами. Отнесение к забалансовым (или вообще некондиционным) рудам регламентируется бортовым лимитом содержания. Пустые породы могут вообще не содержать рудной минерализации. Таким образом, некондиционные прослои, как правило, состоят из геологически разнородных тел, закономерность распределения которых внутри минерализованной зоны чаще всего установить не удается. По мере повышения уровня кондиций (лимитов содержания) неопределенность понятия мощности некондиционных прослоев возрастает в связи с возможной неоднозначностью (или даже многовариантностью) увязки отдельных рудных обособлений и некондиционных участков между собой в смежных разведочных выработках и сечениях. Оба лимита мощности в значитель-

ной мере определяются горно-техническими условиями эксплуатации месторождения и намечаемыми системами разработки.

Решающим фактором при установлении значений минимальной мощности рудных тел с промышленным оруденением и максимальной мощности некондиционных прослоев является техническая и экономическая целесообразность селективной отработки этих тел или оставления их в недрах.

Известны формулы экономического обоснования максимально допустимой мощности некондиционных прослоев, предложенные в разное время А. М. Сиразутдиновым [39] и другими исследователями. Однако в практике разработки проектов кондиций для месторождений золота аналитические способы, как правило, не применяются.

В большинстве случаев при оценке золоторудных месторождений, не имеющих четких геологических границ, сложный характер распределения промышленного оруденения внутри залежей и минерализованных зон диктует необходимость применения вариантного способа для определения либо одного, либо одновременно обоих лимитов мощностей. И лишь анализ всего комплекса технико-экономических показателей, рассчитанных для каждого варианта, позволяет выбрать оптимальные значения минимальной мощности рудных тел и максимально допустимой мощности некондиционных прослоев.

В связи с особенностями эксплуатации месторождений диапазоны колебаний минимальных мощностей рудных тел для подземного и открытого способов отработки соответственно ограничиваются значениями 1—5 и 3—15 м. Однако известны случаи, когда целесообразно увеличить максимально допустимую мощность некондиционных прослоев до 25 м.

Минимальный коэффициент рудоносности K_{\min} в подсчетном блоке устанавливается для сложных месторождений с прерывистым распределением металла, когда кондиционные руды не могут быть оконтурены и подсчет запасов производится статистически. Вопрос о способах определения минимального значения коэффициента рудоносности дискуссионный. Для условий подземной отработки месторождений может быть рекомендована следующая формула [46]:

$$K_{\min} = K_0 \frac{Y_0 - \chi H}{Y_{6л} - \chi H},$$

где K_0 — значение коэффициента рудоносности в подсчетном блоке с содержанием, равным минимально промышленному; Y_0 , $Y_{6л}$ — извлекаемая ценность металла из 1 т руды в блоке соответственно с минимально промышленным содержанием и минимально допустимым коэффициентом рудоносности; χ — себестоимость добычи и переработки 1 т руды; H — накладные расходы (на 1 т руды), включающие цеховые и общекорпоративные издержки.

Извлекаемые из 1 т руды ценности соответственно равны:

$$Y_0 = C_m \cdot \Pi \cdot I_1 \text{ и } Y_{6л} = C_{6л} \cdot \Pi \cdot I_2,$$

где Π — расчетная цена единицы (1 г) металла, принятая при определении кондиций; I_1 — поправка, связанная с потерями и разубоживанием руды в процессе ее добычи, равная $(1 - K_p) \cdot K_{ин}$ (здесь K_p — коэффициент разубоживания руды (в дол. ед.); $K_{ин}$ — коэффициент извлечения руды (в дол. ед.), обусловленный потерями ее при добыче; I_2 и I_1 — сквозные извлечения металла при переработке руды (дол. ед.).

При открытом способе отработки месторождений значение минимального коэффициента рудоносности может быть определено по формуле, предложенной В. П. Киселевым [17]

$$K_{\min} = \frac{K_{ав} (Z_{д^{вв}} + Z_{т^{вв}}) + Z_{д^{вв}} \cdot d_{п^{вв}} + Z_{т^{вв}}}{(Z_m - Z_{до} - Z_{эп}) \cdot d_p + Z_{д^{вв}} \cdot d_n + Z_{т^{вв}}},$$

где $K_{ав}$ — коэффициент внешней вскрыши, равный $V_m/V_{рм}$ ($V_{рм}$ — объем горной массы в карьере, V_m — объем рудной массы в карьере); $Z_{д^{вв}}$ — затраты на выемку 1 м³ пород внешней вскрыши; $Z_{т^{вв}}$ — затраты на транспортировку 1 м³ пород внешней вскрыши в отвал; $Z_{д^{вв}}$ — затраты на выемку 1 т внутренней вскрыши, равные прямым расходам на добычу 1 т руды; $Z_{т^{вв}}$ — затраты на транспортировку 1 м³ пород внутренней вскрыши; $d_{п^{вв}}$ — объемная плотность пород внутренней вскрыши; Z_m — извлекаемая ценность металла из 1 т руды; $Z_{до}$ — затраты (не зависящие от коэффициента рудоносности) на селективную добычу, транспортировку, обогащение и общекорпоративные издержки на 1 т руды; $Z_{эп}$ — затраты на эксплуатационную разведку 1 т руды; d_n — объемная плотность руды.

Минимальные запасы изолированных рудных тел и участков при подземном способе их отработки рекомендуется определять по формулам [48]:

$$Q_{\min} = \frac{Z_v}{(C_n - C_{\min}) \cdot K_{ин} \cdot \Pi \cdot I};$$

$$P_{\min} = \frac{Z_v}{K_{ин} \cdot \Pi \cdot I} + C_{\min} \cdot Q;$$

$$\bar{C}_n = C_{\min} + \frac{Z_v}{Q \cdot K_{ин} \cdot \Pi \cdot I},$$

где Q_{\min} , P_{\min} , \bar{C}_n — соответственно минимальные запасы руды и металла и среднее содержание металла в изолированном рудном теле; Z_v — затраты на вскрытие изолированного рудного тела; $K_{ин}$ — коэффициент для учета потерь руды при добыче (доли ед.); Π — цена единицы (1 г) металла, принятая при расчете кондиций; I — сквозное извлечение металла при переработке руды; Q — фактические запасы руды изолированного рудного тела.

Если изолированное рудное тело находится в том же интервале глубин, что и основное, и размер его менее высоты эксплуата-

ционного этажа, то $Z_b = 2L \cdot a_r$, где L — длина квершлага, равная кратчайшему расстоянию от основной залежи до изолированного тела, a_r — стоимость проходки 1 м этого квершлага.

Если вертикальный размер изолированного рудного тела более высоты эксплуатационного этажа, то $Z_b = L \cdot a_r \cdot (n+1)$, где n — число эксплуатационных этажей, с помощью которых можно отработать это тело.

В случае, когда длина изолированного рудного тела более 150 м, то $Z_b = 2L \cdot a_r \cdot (n+1)$.

Наконец, если необходимо дать оценку группе изолированных рудных тел, то целесообразность их освоения определяется по формуле

$$\sum_{i=1}^{i=n} P_i = C_{\text{мин}} \cdot \sum Q_i + \frac{Z_b}{K_{\text{ин}} \cdot \Pi \cdot \text{И}}$$

где P_i — минимальные запасы металла в группе мелких изолированных тел; $\sum Q_i$ — запасы руды этой группы тел.

Максимальная глубина подсчета запасов определяется в основном экономической эффективностью эксплуатации, хотя для больших глубин отработки возникают специфические технические сложности, которые требуют специальных проектных разработок и технико-экономических обоснований. При подземном способе эксплуатации крупных месторождений увеличение себестоимости добычи с глубиной происходит сравнительно медленно и для интервала глубин от 200 до 400 м не превышает 10%. На мелких месторождениях себестоимость добычи 1 т руды с глубиной возрастает иногда довольно резко и требует специальных расчетов по вариантам глубин [29].

При открытом способе эксплуатации экономически целесообразная глубина разработки определяется по величине предельного коэффициента вскрыши исходя из условия равенства себестоимости добычи 1 т руды открытым и подземным способами.

Коэффициент вскрыши лимитируется условиями. Он определяет увеличение себестоимости добычи руды и соответственно величины минимально промышленного содержания. Обычно регламентируется значение предельного (контурного) коэффициента вскрыши, которое определяется, как уже указывалось, или исходя из равенства затрат на открытую и подземную добычу, или по принципу окупаемости затрат на вскрышу месторождения. Кроме того, рассчитывается прирост величины минимального промышленного содержания (рассчитанного для условий отсутствия вскрыши) на каждую единицу коэффициента вскрыши.

Капиталовложения в промышленное строительство ГОК представляют собой нелимитируемый параметр. Отдельно рассматривается общий объем капиталовложений на строительство предприятия и удельные капиталовложения, приходящиеся на 1 т руды годовой производительности. Объем капиталовложений — один из

важнейших параметров, определяющих очередность и сроки разведки и освоения новых месторождений.

Удельные капиталовложения играют роль вспомогательного параметра, который, с одной стороны, характеризует капиталоемкость производства, а с другой — служит дополнительным критерием при выборе того или иного варианта освоения месторождения по уровню приведенных затрат. Они чаще всего используются при сравнении технико-экономических показателей различных способов отработки месторождения (открытого и подземного, вариантов с применением различных видов транспорта и т. д.).

Уровень рентабельности, эффективности и срок окупаемости капиталовложений являются взаимосвязанными экономическими показателями. Уровень рентабельности представляет собой отношение прибыли к производственным фондам и строго не лимитируется. Эффективность капиталовложений и срок их окупаемости связаны обратной зависимостью. Первый из этих параметров представляет собой отношение прибыли к удельным капиталовложениям, а второй, наоборот, — удельных капиталовложений к прибыли.

Сроки окупаемости капиталовложений на освоение месторождений золота жестко не лимитируются, хотя чем он меньше, тем лучше (при условии достаточной полноты использования запасов в недрах).

Для каждого оцениваемого золоторудного месторождения устанавливаются только те из перечисленных параметров кондиций, которые необходимы и обусловлены особенностями его геологического строения, горно-техническими условиями освоения и составом руд.

Последовательность отдельных операций при геолого-экономической оценке в общем плане может быть представлена следующим образом:

- выбор вариантов геологических параметров (бортового содержания, минимальной мощности рудных тел и максимально допустимой мощности некондиционных прослоев);
- подсчет запасов по вариантам;
- выбор способа отработки и системы вскрытия месторождения;
- определение автономного или группового характера освоения месторождения;
- определение состава будущего предприятия;
- выбор вариантов годовой производительности будущего ГОКа (или отдельно рудника и районной фабрики);
- определение объема капиталовложений в промышленное строительство;
- определение себестоимости добычи, переработки и полной себестоимости 1 т руды прямыми расчетами;
- расчет основных технико-экономических показателей по вариантам подсчета запасов и подвариантам освоения месторождения;

— сравнительный анализ результатов подсчета запасов и основных технико-экономических показателей освоения месторождения по вариантам;

— выбор оптимального варианта;

— обоснование рекомендуемого для утверждения проекта кондиций;

— определение влияния рекомендуемых кондиций на подсчитанные запасы;

— оценка перспективности месторождения и возможного изменения основных результатов геолого-экономической оценки с момента ее оформления до начала эксплуатации месторождения.

Целесообразно рассмотреть пути реализации основных операций по геолого-экономической оценке. Выбор вариантов бортового содержания для подсчета запасов зависит от характера границ и контрастности промышленного оруденения, потребности народного хозяйства в металле, общих масштабов продуктивной минерализации, геологических особенностей и горно-технических условий освоения и ряда других менее важных факторов.

Для месторождений с четкими геологическими границами при прочих равных условиях достаточно значительно меньшего числа вариантов минимального содержания по разведочной выработке, которое выполняет здесь роль бортового лимита. Другие геологические параметры вообще не варьируют.

Для месторождений, не имеющих четких геологических границ, как уже упоминалось, необходимо большее число вариантов борта; часто оказывается необходимым варьировать и такие параметры, как минимальная мощность рудных тел и максимально допустимая мощность некондиционных прослоев.

Для месторождений с высококонтрастными рудами (по уровню содержания основного полезного компонента или при наличии минералогической зональности) в общем случае необходимо меньшее число вариантов борта, так как оптимальное значение этого лимита с большей степенью точности можно наметить априори.

Подсчет запасов по вариантам варьируемых геологических параметров оценки осуществляется путем непосредственного оконтуривания их и определения количественных показателей прямыми расчетами.

Выбор способа отработки и системы вскрытия месторождения в значительной мере зависит от рельефа местности, глубины и элементов залегания основных рудных тел, их мощности, географо-экономических особенностей месторождения и экологической характеристики.

При возможности применения открытого (наиболее дешевого) способа отработки могут быть рентабельно добыты сравнительно бедные руды, в связи с чем при выборе вариантов бортового лимита предпочтение отдается более низким (из возможных) его значениям. При подземном способе добычи — наоборот; причем наиболее высокие значения борта будут отвечать шахтному спо-

соду вскрытия месторождения, менее экономичному, по сравнению со штольневым.

Наиболее сложным для оценки является случай отработки месторождения комбинированным (открытым и подземным) способом, при котором общее число вариантов борта значительно увеличивается, так как они будут разными для каждого из двух одновременно (или последовательно) применяемых способов.

Автономный или групповой характер освоения накладывает также свой отпечаток на порядок осуществления и общие результаты геолого-экономической оценки. При автономном освоении месторождения, когда производительность фабрики соответствует производительности рудника, расчеты основных технико-экономических показателей оказываются более простыми, а уровень разрабатываемых кондиций предполагается более высоким, чем при переработке руд нескольких месторождений на одной кустовой (или районной) обогатительной фабрике.

Состав предприятия определяется в соответствии с намечаемыми способами вскрытия и отработки месторождения, технологическими типами руд, необходимостью и экономической целесообразностью транспортировки концентратов на металлургические заводы или возможностью использования их в качестве флюсов (при наличии потребителя). Состав и инфраструктура ГОК в известной мере зависят от степени экономического и промышленного освоения рассматриваемого района, которая нередко определяет выбор энергетических источников и транспортных путей, баз стройиндустрии и т. д.

Один из наиболее сложных и дискуссионных — вопрос о выборе годовой производительности намечаемого предприятия. Сложность и важность его обуславливаются, с одной стороны, непосредственным влиянием мощности предприятия на экономические показатели освоения месторождения, а с другой — необходимостью сокращения числа подвариантов технических решений, связанных с освоением месторождения, которая диктуется большой трудоемкостью расчетов основных технико-экономических показателей, без чего в свою очередь нельзя достаточно обоснованно установить оптимальный вариант.

Годовую производительность для варианта с наиболее низким бортом обычно рассчитывают по формулам, предложенным акад. М. И. Агошковым, и проверяют по горно-техническим возможностям месторождения. Для других вариантов подсчитанных запасов величина производительности, как правило, должна меняться в соответствии с изменением их количества. При этом необходимо иметь в виду, что проектируемые обогатительные фабрики имеют стандартные значения производительности, которые в свою очередь определяются набором выпускаемого отечественного оборудования. Выбор той или иной мощности предприятия должен быть увязан с оптимальными сроками обеспеченности его сырьем. При этом необходимо стремиться к тому, чтобы (по мере возможности)

каждому варианту бортового лимита соответствовала своя мощность предприятия.

Определение объема капиталовложений непосредственно связано с выбором состава предприятия и его производительности. Важность этой операции обуславливается тем, что объем капиталовложений приобретает значение одного из важнейших параметров оценки и нередко решает дальнейшую судьбу разведанного месторождения.

Себестоимость добычи, переработки и полная себестоимость 1 т руды (включая транспортировку руды и концентратов) устанавливаются прямыми расчетами по отдельным общепринятым статьям калькуляции с учетом местных географо-экономических условий, особенностей намечаемого состава ГОК, технологии добычи и переработки сырья.

Набор основных технико-экономических показателей геолого-экономической оценки месторождений, регламентирующихся соответствующей инструкцией ГКЗ СССР [13], приведен ниже.

Основные технико-экономические показатели ТЭО проекта

Наименование показателей

Величина показателей

Геологические и эксплуатационные запасы минерального сырья (руды), положенные в обоснование ТЭО кондиций (раздельно), тыс. т:

категории А+В+С₁
категории С₂

То же, запасы полезных компонентов, тыс. т (кг):
категории А+В+С₁
категории С₂

Среднее содержание полезных компонентов в минеральном сырье (руде) в недрах и в эксплуатационных запасах, % или г/т:

категории А+В+С₁
категории С₂

Потери при добыче, %

Разубоживание, %

Годовая производительность предприятия, тыс. т:
по горной массе
по добыче и переработке (обогащению)
минерального сырья

Коэффициент вскрыши, м³/т (м³/м³)

Показатели по обогащению (сортировке):
годовой выпуск концентратов (товарной продукции), тыс. т
содержание в концентратах полезных компонентов, %
извлечение компонентов в концентраты, %

Показатели по металлургической (химической) переработке концентратов (руды):
годовой выпуск товарной продукции (металлов), тыс. т
извлечение, %

Наименование показателей

Величина показателей

Срок обеспеченности предприятия запасами, годы
Капиталовложения в промстроительство (или реконструкцию), млн. руб.

В том числе:

рудник (шахта, прииск)
фабрика (рудосортировка)
металлургический (химический) завод

Сопряженные затраты, млн. руб.

Удельные капиталовложения на 1 т годовой добычи полезного ископаемого, руб.

То же, на единицу товарной продукции

Удельные производственные фонды (основные и оборотные) на 1 т годовой добычи, руб.

Себестоимость (эксплуатационные затраты на 1 т полезного ископаемого, руб.

В том числе:

добыча
обогащение
заводская переработка

Себестоимость 1 т товарной продукции

Приведенные затраты на единицу товарной продукции, руб.

Оптовая цена единицы товарной продукции, руб.

Стоимость товарной продукции, и в том числе ценных попутных компонентов и полезных ископаемых, млн. руб.:

годовой выпуск
за весь период эксплуатации

Прибыль, млн. руб.:

годовая
за весь период эксплуатации

Срок окупаемости капиталовложений, годы

Уровень рентабельности к производственным фондам, %

Приведенный перечень технико-экономических показателей является примерным и подлежит уточнению, соотносясь с конкретными условиями отрасли, особенностями технологии добычи и переработки полезных ископаемых и выпуска товарной продукции.

Сравнительный анализ результатов подсчета запасов по вариантам и сопоставление подвариантов технических решений по освоению месторождений — одна из важнейших составляющих геолого-экономической оценки, позволяющая обосновать окончательные выводы и рекомендовать к утверждению подготовленный проект кондиций.

При последовательном переходе от наиболее низкого варианта бортового лимита к наиболее высокому основное внимание уделяется, с одной стороны, изменению запасов руды и металла, а с другой — ожидаемой себестоимости его в целом по месторождению и в так называемых «приращиваемых запасах», т. е. в межбортовой руде.

Повышение борта, связанное со значительными потерями полезного ископаемого в недрах (более 20 % от общих запасов при наиболее низком варианте), для месторождений дефицитного сы-

рья в общем случае недопустимо. Оно может быть оправдано только тогда, когда себестоимость металла в межбортовой руде ожидается слишком высокой и приведет к значительным убыткам в работе будущего предприятия. В качестве экономического критерия целесообразности снижения бортового лимита может быть использована предельно допустимая себестоимость золота в межбортовой руде [6].

Предельную себестоимость ориентировочно можно определить как произведение среднеотраслевой себестоимости на коэффициент эффективности. Величину последнего рекомендуется принимать равной 1,6—1,65.

Помимо роли бортового содержания детально анализируется влияние других варьируемых параметров — минимальной мощности рудных тел и максимально допустимой мощности некондиционных руд и пустых прослоев, включаемых в контур подсчета запасов.

Как правило, для каждого из вариантов подсчета запасов рассчитывается минимально промышленное содержание и оценивается влияние его на общие запасы месторождения. В случае появления блоков с некондиционными запасами (при содержании золота в них ниже минимально промышленного) рассматривается техническая возможность и экономическая целесообразность попутного вскрытия этих блоков при отработке основной части запасов. При положительном решении этого вопроса дополнительно рассчитывается лимит содержания для так называемых «внутренних блоков», величина которого определяется по прямым (или предстоящим) затратам на освоение запасов этих блоков.

Для месторождений с прерывистым оруденением нередко приходится рассчитывать значения минимально допустимого коэффициента рудоносности по формулам, предложенным для подземного способа В. В. Стефановичем [46], а для открытого — В. П. Киселевым [17]. В отдельных случаях возникает необходимость в определении минимальных запасов изолированных (обособленных) рудных тел, которые могут быть определены по формулам В. В. Стефановича и В. В. Тищенко [47]. При выборе оптимальных технических решений в качестве критерия нередко используется уровень приведенных затрат, состоящих из суммы издержек производства и нормативной эффективности капиталовложений.

После осуществления всех дополнительных расчетов по форме, предложенной ГКЗ СССР [13], составляется таблица основных технико-экономических показателей ТЭО проекта кондиций.

Сопоставление всех показателей позволяет выбрать оптимальный вариант кондиций, который рекомендуется к утверждению соответствующими инстанциями.

При выборе оптимального варианта помимо уже приведенных критериев необходимо обращать внимание на такие экономические показатели, как срок окупаемости издержек производства и уровень рентабельности.

Для месторождений дефицитного сырья установленная в целом для Минцветмета СССР норма рентабельности — 15%. Однако она не служит решающим показателем. Для положительной оценки промышленного значения месторождения необходимо, чтобы срок обеспеченности проектируемого предприятия запасами превышал срок окупаемости капиталовложений.

В заключение необходимо остановиться на специфике геолого-экономической оценки месторождений золота различных типов. С этих позиций целесообразно все месторождения разделить на две группы. Одна из них объединяет месторождения с четкими геологическими границами рудных тел, в другую входят природные источники золота, рудные тела которых не имеют четких геологических границ. Контуры промышленного оруденения для последних в значительной мере зависят от уровня установленных кондиций.

Оценка месторождений с четкими геологическими границами в общем довольно проста, поскольку набор лимитов кондиций для них ограничен; единственно варьируемым параметром является минимальное содержание по пересечению выработки. В связи с этим число рассматриваемых вариантов подсчета запасов и технических решений несколько сокращается.

Для месторождений с четкими геологическими границами в целом характерны относительно небольшие мощности рудных тел и сравнительно высокие содержания металлов. При освоении их чаще применяется подземный способ отработки. Большую роль (по сравнению с объектами других типов) в определении лимитов играет разубоживание руды при добыче. Объемы капиталовложений, связанных с освоением объектов такого типа, не выходят за рамки средних затрат (по отрасли), а удельные капиталовложения, наоборот, часто отличаются повышенными значениями.

Месторождения, лишенные четких геологических границ, сопровождаются широкими ореолами рассеянной продуктивной минерализации во вмещающих породах. Руды отличаются, как правило, простым составом и однообразным набором минералов. Золото представляет собой доминирующее полезное ископаемое, попутные компоненты имеют второстепенное значение.

Наиболее крупные золоторудные месторождения относятся именно к этому типу и состоят из единичных залежей сравнительно простой формы. Руды чаще всего характеризуются мелкой и даже тонкой вкрапленностью золота и других попутных компонентов и сравнительно невысокой извлекаемой ценностью. Переработка их требует применения специальных технологических схем и обходится довольно дорого, что обусловлено необходимостью тонкого дробления и наличием вредных примесей — углистого вещества, мышьяка, сурьмы и др.

Большие масштабы оруденения и крупные размеры простых по форме (часто изометричных) рудных залежей, локализующихся на небольших глубинах, предопределяют возможность открытого способа разработки. Следовательно, в эксплуатационных из-

держках затраты на переработку руд, как правило, выше себестоимости добычи.

Общий объем капиталовложений в освоение промышленностью подобных месторождений весьма значителен, в то время как удельные капиталовложения, приходящиеся на 1 т годовой добычи, обычно невелики.

Геолого-экономическая оценка месторождений, не имеющих четких геологических границ, связана с использованием максимально широкого спектра параметров, таких как варьируемая максимально допустимая мощность некондиционных прослоев, минимальный коэффициент рудоносности и др. Она еще более осложняется при наличии извлекаемых попутных компонентов, поскольку в этом случае необходимо учитывать не только взаимозависимости параметров, относящихся к золоту, но и учитывать влияние попутных полезных ископаемых.

Нередко возникают дополнительные сложности по учету извлекаемой ценности полезных ископаемых, залегающих во вскрыше месторождения и оказывающих значительное влияние на результаты оценки. К их числу относятся сырье для щебеночного производства, строительные материалы, а иногда и мелкие месторождения цветных металлов. При оценке таких месторождений необходимо, чтобы предварительно были проведены опережающие работы по разведке полезных ископаемых вскрыши.

При повариантных расчетах и обосновании кондиций основные технико-экономические показатели по принятому перечню должны указываться для каждого из вариантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Альбов М. Н. Опробование месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
2. Батрак В. И., Иванов В. Н., Катанский М. Ю. Вопросы контроля разведочного опробования на рудных месторождениях.— Труды ЦНИГРИ, 1977, вып. 130, с. 73—81.
3. Божинский А. П., Селезнев А. П. Роль буровых работ при разведке золоторудных месторождений.— Труды ЦНИГРИ, 1977, вып. 130, с. 47—65.
4. Варгунина Н. П. Минеральные, генетические и геохимические особенности бананов на золото-серебряном месторождении.— ДАН, 1982, т. 262, № 3, с. 671—674.
5. Временная инструкция по первичной геологической документации полевых геологоразведочных работ. М., Гостеолтехиздат, 1951.
6. Временная типовая методика экономической оценки месторождений полезных ископаемых. М., ГКНТ и Госкомцен СССР, 1979.
7. Глубинные поиски полиметаллических и золото-сульфидных руд на основе скважинных геофизических и геохимических методов. Методическое руководство. Л., Недра, 1968.
8. Гатов Т. А. Экономическая оценка месторождений цветных металлов. М., Недра, 1976.
9. Григорян С. В. Геохимические методы при поисках эндогенных рудных месторождений. М., изд. ИМГРЭ, 1974.
10. Зеленев В. И. Методика исследований золотосодержащих руд. М., Недра, 1973.
11. Инструкция о содержании, оформлении и порядке представления в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР и территориальные комиссии по запасам металлических и неметаллических полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
12. Инструкция о содержании и порядке представления на утверждение в Государственную комиссию по запасам полезных ископаемых при Совете Министров СССР технико-экономических обоснований кондиций для подсчета запасов полезных ископаемых. М., Недра, 1976.
13. Инструкция по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям. М., ГКЗ СССР, 1983.
14. Исаев М. И., Онищев В. П. Бурение скважин со съемными керноприемниками. Л., Недра, 1975.
15. Каждан А. Б. Разведка месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1977.
16. Каллистов П. Л. Учет высоких проб и самородков при подсчете запасов месторождений золота. М., изд. ОБТИ, 1952.
17. Киселев В. П. Промышленная оценка и обоснование минимально допустимого коэффициента рудоносности.— Разведка и охрана недр, № 12, 1974.
18. Классификация запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. М., изд. ВИЭМС, 1982.
19. Коган И. Д. Подсчет запасов и геологопромышленная оценка рудных месторождений. М., Недра, 1974.
20. Крейтер В. М. Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Т. 1, 2. М., Гостеолтехиздат, 1960.
21. Лёля А. Д., Панкратов В. В. Щелевой способ и пробоотборники конструкции ЦНИГРИ для отбора проб в горных выработках.— Труды ЦНИГРИ, 1973, вып. 106, с. 35—41.
22. Методические указания по разведке и геолого-промышленной оценке месторождений золота. М., ЦНИГРИ, 1974.
23. Методические рекомендации по фотогеологической документации керна колонковых скважин при разведке рудных месторождений. М., ЦНИГРИ, 1978.

24. *Методические указания по фотогеологической документации подземных разведочных выработок рудных месторождений.* М., ЦНИГРИ, 1978.
25. *Методы геологического контроля аналитической работы.* М., изд. ВИМСа, 1982.
26. *Петров В. А.* О методике вычисления плотности руд при определении ее способом выемки щеликов.— *Сов. геология*, № 2, 1977.
27. *Петров Ю. И.* Особенности геохимической зональности первичных ореолов жильных золоторудных месторождений.— В кн.: *Оценка глубокозалегающих рудных месторождений по их ореолам.* М., 1980.
28. *Погребинский Е. О., Терновой В. И.* Геолого-экономическая оценка месторождений полезных ископаемых. Л., Недра, 1974.
29. *Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых/Е. О. Погребинский, С. В. Парадеев, Г. С. Поротов и др.* М., Недра, 1977.
30. *Поиски и разведка рудно-кварцевых месторождений с использованием методов скважинной геофизики/Б. Б. Шатров, Г. А. Виллер, Н. П. Иванов и др.* Л., Недра, 1978.
31. *Прокофьев А. П.* Основы поисков и разведки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1973.
32. *Рациональная сеть предварительной разведки/В. И. Бирюков и др.* М., Недра, 1978.
33. *Родионов Д. А.* Статистические решения в геологии. М., Недра, 1981.
34. *Росляков Н. А., Зякин В. Г.* Геохимические поисковые критерии золоторудных столбов в некоторых кварц-сульфидных жилах.— В кн.: *Проблемы образования рудных столбов.* Новосибирск, 1972, с. 111—119.
35. *Рослякова Н. В., Росляков Н. А.* Эндогенные ореолы месторождений золота. Новосибирск, Наука, 1976.
36. *Руководство по методам разведки и подсчету запасов золоторудных месторождений.* М., ОНТИ Нигризолото, 1966.
37. *Рудные месторождения СССР.* Т. 3. М., Недра, 1978.
38. *Савосин М. Н., Саклаков В. А.* Методические рекомендации по обработке геологических проб золоторудных месторождений. М., ЦНИГРИ, 1981.
39. *Сиразутдинов А. М.* Основные показатели промышленных кондиций на руды цветных металлов. Алма-Ата, Наука, 1973.
40. *Смирнов В. И., Прокофьев А. П.* Подсчет запасов месторождений полезных ископаемых. М., Гостеолтехиздат, 1960.
41. *Соловов А. П., Гаранин А. В., Виль Л. С.* Исследование зональности рудных месторождений с помощью ЭВМ. Алма-Ата, изд. КазИМС, 1973.
42. *Сочеванов Н. Н., Горелова Е. К.* Некоторые вопросы методики изучения вертикальной зональности рудных месторождений. *Геол. руд. м-ний*, 1976, № 4, с. 83—90.
43. *Справочник по маркшейдерскому делу.* М., Недра, 1973.
44. *Технологическое опробование месторождений металлов в процессе разведки (временное методическое руководство).* М., изд. ВИМС, 1982.
45. *Требования к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов.* М., изд. ГКЗ СССР, 1982.
46. *Стефанович В. В.* Применение коэффициента рудоносности. М., Недра, 1972.
47. *Стефанович В. В., Тищенко В. В.* Минимальные запасы обособленных рудных тел, окупающие издержки производства.— *Труды ЦНИГРИ*, 1978, вып. 128, с. 108—116.
48. *Шторм Р.* Теория вероятностей. Математическая статистика. Статистический контроль качества. М., Мир, 1970.

- Бурение: 270
 - алмазное 270
 - бескернаое 275
 - вращательное 270
 - высокочастотное алмазное гидроударное 274
 - многозабойное 284
 - направленное 284
 - пнеумоударное 275
 - со съёмными керноприёмниками 274
 - твердосплавное 271
 - ударно-вращательное 271
- Виды разведочных выработок 265
- Геолого-промышленные типы 11
- Геологическая документация: 288, 289, 290, 292, 293, 296, 299
 - графическая 288
 - фотодокументация 288, 289, 299
- Объемное картирование 18
- Геофизические методы разведки: 233
 - вызванной поляризации 241
 - гравиразведка 241
 - естественного поля 245
 - заряда 238
 - магниторазведка 234, 235
 - пьезоэлектрический 234
 - радиометрические 234
 - рентгенометрические 239
 - СДВ радиокип 239
 - сейсморазведка 241, 244
 - шахтные и скважинные методы 242
 - электроразведка 244
- Геохимические методы разведки: 246
 - вертикальная зональность 251
 - геохимическое опробование 246
 - коэффициент зональности 246, 255, 257, 263, 264
 - мономинеральные ореолы 248
 - мультипликативные ореолы 257
 - мультипликативные показатели 248
 - показатель зональности 250
 - типоморфные элементы 248

- Геолого-экономическая оценка: 355
 - бортовое содержание 360, 361
 - замыкающие затраты 364
 - капиталовложения 373
 - коэффициент вскрыши 360, 367
 - максимально допустимая мощность 360
 - некондиционных прослоев 365
 - максимальная глубина подсчета запасов 368
 - минимальные запасы изолированных тел и участков 367, 368, 373
 - минимальный коэффициент рудоносности 360, 366
 - минимальная мощность рудных тел 360
 - минимальное промышленное содержание 360, 361
 - минимальное содержание по пересечению 363
 - оценка на стадии детальной разведки 357
 - оценка на стадии предварительной разведки 377
 - переводные коэффициенты 363, 364
 - срок окупаемости капиталовложений 373
 - уровень рентабельности 374
 - эффективность капиталовложений 374
- Детальная разведка 48, 162
- Заверочные работы 192
- Классификация запасов 320
- Морфологические типы 168
- Надежность проб 190, 191
- Опробование: 163
 - виды проб 165
 - геологический контроль опробования 181

арбитражный 189	Попутные компоненты 305
внешний 182	Предварительная разведка 41
внутренний 181, 182, 183	Прогнозные ресурсы 358
геологическое опробование 163	Промышленные типы: 9, 10
обработка проб 178	жильный 13
параметры пробостора 169	жильные зоны 11, 12, 14
специальное опробование 211	залежи 12, 15
	минерализованные зоны 11, 12
	штокверки 12, 15
Плотность разведочной сети	Представительность опробования 191
Подсчет запасов: 301	
окоптуривание 312	Разведка жил 57
«плавающий» борг 314	Разведка жильных зон 63
подсчетные блоки 303, 304, 305	Разведка линзовидных, пластообраз-
прогнозная оценка 304	ных и жилообразных залежей 69
способ вертикальных сечений 302	Разведка минерализованных зон 63
способ геологических блоков 302	Разведка рудных тел неправильной
способ горизонтальных сечений 302	формы 70
способ эксплуатационных блоков	Разведка штокверковых тел 66
302, 303	Разведочные системы 25
экстраполяция 321, 322	Разрежение сети 37
Подсчетные параметры: 341	Рассеянные элементы 206, 208, 210,
пробы с высоким содержанием 345	211
коэффициент рудоносности 352	Рудные поля 17
ограничение ураганых проб 345	Сгущение сети 38
средняя мощность 304	Систематические погрешности 166,
среднее содержание 304	182, 191

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	3
Глава 1. Основные геолого-промышленные типы золоторудных месторождений и их промышленное значение	7
Глава 2. Общие вопросы методики разведки золоторудных месторождений	17
2.1. Структурные типы рудных полей и особенности их изучения при разведочных работах	17
2.2. Основные задачи, решаемые в процессе разведки месторождения	21
2.3. Разведочные системы и факторы, определяющие их выбор при разведке месторождений	25
2.4. Выбор плотности разведочной сети при разведке рудных тел	36
2.5. Предварительная разведка	41
2.6. Детальная разведка	48
Глава 3. Разведка месторождений с рудными телами различных морфологических типов	57
3.1. Разведка жил и жилообразных тел	57
3.2. Разведка жильных и минерализованных зон	63
3.3. Разведка штокверковых тел	63
3.4. Разведка линзовидных, пласто- и жилообразных залежей	69
3.5. Разведка рудных тел неправильной формы и небольшого размера (гнезда, трубчатые, линзовидные и жилообразные залежи и т. п.)	70
3.6. Особенности разведки горизонтально или пологозалегающих рудных тел	72
3.7. Примеры разведки золоторудных месторождений различных морфологических типов	88
Глава 4. Опробование золоторудных месторождений	163
4.1. Геологическое опробование	163
4.2. Опробование на попутные компоненты	205
4.3. Специальное опробование	211
4.4. Технологическое опробование	217
Глава 5. Геофизические и геохимические методы разведки золоторудных месторождений	232
5.1. Геофизические методы	233
5.2. Геохимические методы	245
Глава 6. Технические способы разведки золоторудных месторождений	265
6.1. Общие положения	265
6.2. Основные виды разведочных горных выработок	265
6.3. Способы проходки каналов	267
6.4. Рациональная технология и техника проходки подземных выработок	267
6.5. Бурение скважин при разведке	270
6.6. Механизация пробостора	286
Глава 7. Геологическая документация при разведке золоторудных месторождений	288
7.1. Требования к геологической документации	288
7.2. Объекты геологической документации	290

7.3. Геологическая документация в различных видах разведочных выработок	293
7.4. Геологическая документация при опробовании разведочных выработок	296
7.5. Обработка и обобщение данных геологической документации	299
7.6. Оформление материалов для представления отчетов в ГКЗ СССР	300
Глава 8. Подсчет запасов	301
8.1. Способы подсчета запасов золоторудных месторождений различных морфологических типов	302
8.2. Оконтуривание рудных тел в разведочных выработках	312
8.3. Оконтуривание запасов категорий В и С ₁	320
8.4. Основные принципы подсчета запасов по категории С ₂ и прогнозная оценка месторождений	334
8.5. Определение основных подсчетных параметров	341
Глава 9. Геолого-экономическая оценка золоторудных месторождений	355
Список литературы	377
Предметный указатель	379

МЕТОДИКА РАЗВЕДКИ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Редактор издательства Л. С. Дмитриева
 Перешлет художника И. А. Слюсарева
 Художественный редактор Г. Н. Юрчевская
 Технический редактор Н. В. Жидкова
 Корректор Э. И. Капульская
 Н/К

Сдано в набор 09.07.85. Подписано в печать 10.11.85. Формат 60×90^{1/16}.
 Бумага ки-журнальная. Гарнитура «Литературная». Печать высокая.
 Усл. печ. л. 24,0. Усл. кр.-отт. 24,0. Уч.-изд. л. 27,53. Тираж 500 экз. Заказ 39«Д»/12662—4.
 Цена 1 р. 70 к. Заказное.

Ордена «Знак Почета» издательство «Недра», 103633, Москва, К-12,
 Третьяковский проезд, 1/19
 Ленинградский картографическая фабрика ВСЕГЕИ