

**Требования
к обоснованию достоверности опробования
рудных месторождений**

1. Общие положения

1.1. Опробование полезных ископаемых проводится с целью изучения их химического, минерального состава, физико-механических свойств и оценки их соответствия существующим требованиям промышленности. По результатам опробования выявляются и оконтуриваются рудные тела, устанавливаются их состав и внутреннее строение, определяются количество и качество руды.

1.2. В зависимости от поставленных задач опробование делится на геологическое, геофизическое, минералогическое, технологическое и техническое. В настоящем документе регламентируются требования к обоснованию достоверности рядового (геологического и геофизического) опробования.

1.3. Методы (геологический, геофизический) и способы (керновый, бороздовый, задирковый и т.д.) опробования следует выбирать на ранних стадиях разведочных работ, исходя из геологических особенностей месторождения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород и требования промышленности к качеству минерального сырья. Они должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при минимальных затратах труда. Выбранные способы и методика опробования (параметры проб, их форма, масса, расположение, плотность опробования) должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Способ опробования в ряде случаев можно предварительно выбрать по опыту работ на месторождениях, аналогичных разведываемому по особенностям вещественного состава полезного ископаемого, геологическому строению и системе разведки (буровая, горно-буровая, горная), с обязательным подтверждением достоверности получаемых данных контрольным опробованием на начальных этапах работ.

1.4. Качество опробования оценивается по результатам заверочных работ и систематически контролируется в течение всей разведки и последующей разработки месторождения.

Достоверность результатов геофизического опробования обосновывается экспериментальными работами, выполненными в соответствии с "Требованиями к геофизическому опробованию при под-

счете запасов металлов и нерудного сырья" (ГКЗ СССР, 1989) до начала их использования в процессе разведки.

2. Требования к отбору геологических проб

2.1. Тела полезных ископаемых опробуются с соблюдением следующих обязательных условий:

- плотность сети опробования должна обеспечивать достоверную оценку исследуемого параметра. Она определяется геологическими особенностями изучаемого участка и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов или обосновывается на новых объектах экспериментальными работами;

- опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность тела полезного ископаемого. Кроме того, во всех разведочных пересечениях тел полезных ископаемых, не имеющих видимых границ, и по разреженной сети пересечений тел с четкими геологическими границами опробованию подлежат вмещающие породы. Из них отбираются одна-две рядовые пробы, суммарная длина которых должна превышать максимальную мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с условиями* в промышленный контур. Если мощность рудного тела не превышает 1 м и в условиях отсутствует параметр "максимальная величина некондиционного прослоя", из пород лежащего и висячего боков следует отобрать пробы длиной в 1 м;

- опробование должно проводиться секциями (рядовыми пробами), длина которых определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, литологических, текстурно-структурных особенностей, физико-механическими и другими свойствами руд, а также параметрами кондиций. Прослои некондиционных руд и пустых пород в обязательном порядке опробуются отдельно. Рядовыми пробами характеризуются отдельные природные разновидности руд и прослои минерализованных пород. При относительно однородном внутреннем строении и равномерном распределении оруденения длину пробы (секции) целесообразно принять единой: для рудных тел небольшой мощности (до 10 м) - 1-2 м (для россыпных месторождений золота, олова - 0,2-0,5 м), а при мощности более 20 м длину можно увеличить до 5-10 м. Достоверность данных опробования секциями увеличенной длины следует обосновать сопоставлением его результатов с данными опробования секциями меньшей длины по нескольким полным пересечениям, по которым отобрано не менее 30 проб увеличенной длины.

- длина рядовых проб во внутренних частях тел полезного иско-

* Здесь и далее по тексту имеются в виду принятые постоянные или временные кондиции, а для ранних стадий геологоразведочных работ – кондиции по месторождению-аналогу.

паемого не должна превышать установленных кондициями также минимальной мощности для выделения типов или сортов руды, а также максимальной мощности внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур балансовых руд. В приконтактных частях рудных тел предельную длину проб целесообразно сократить вдвое против указанных выше величин, что обеспечивает более надежное определение контуров балансовых и забалансовых запасов. Пробы меньшей длины отбирать нецелесообразно. Исключение следует сделать только для интервалов, представленных природными разновидностями, которые по визуальным данным имеют значительно более высокие содержания полезных компонентов по сравнению с преобладающей массой полезного ископаемого (это позволяет более обоснованно выделить и ограничить влияние проб с выдающимися содержаниями на результаты подсчета запасов).

2.2. В горизонтальных подземных горных выработках, пересекающих крутопадающие (с углами падения свыше 40 градусов) рудные тела вкрест простирания, бороздовые и линейно-точечные пробы должны отбираться из стенок по линии, находящейся на заранее установленном расстоянии от подошвы выработки (для предотвращения субъективности в выборе места отбора проб). При пологом залегании (менее 30 градусов) рудных тел следует пройти восстающие и опробовать их стенки по непрерывной линии. Допустимость отбора горизонтально ориентированных проб из рудных тел, падающих под углами в 30-40 градусов, должна обосновываться сопоставлением результатов опробования 3-4 сопряженных полных пересечений горизонтальными и восстающими выработками.

В подземных горных выработках, пройденных по простиранию рудных тел, опробуются забои. Интервалы между ними обосновываются экспериментальными исследованиями. Обычно забои опробуются через 2-3 отпалки, т.е. через 3-5 м. При мощности рудного тела, превышающей ширину горной выработки, обязательно опробование забоев на ее сопряжении с другими выработками, пересекающими тело вкрест простирания, для обеспечения непрерывности опробования его полного пересечения.

При разведке месторождения бокситов, железных, медных, свинцово-цинковых и других руд с умеренной изменчивостью оруденения пробы отбираются из одной заранее выбранной стенки выработки. На месторождениях оловянных, молибденовых, вольфрамовых, сурьмяных, ртутных руд, на золоторудных и других месторождениях с резкой изменчивостью оруденения опробуются две стенки. Отбор проб из одной стенки возможен при близости результатов опробования двух противоположных стенок по нескольким полным пересечениям рудных тел (включая призальбандовые вмещающие породы).

Средняя длина сопоставляемых рудных проб должна соответствовать принятой при разведке месторождения, число их пар - не меньше 30.

2.3. При колонковом бурении скважин интервалы, подлежащие опробованию, рекомендуется предварительно наметить по данным каротажа или промера ядерно-физическими, магнитными и другими геофизическими методами, что позволит сократить нерациональные затраты труда и средств на отбор и обработку проб. Керновые пробы, характеризующие природные разновидности полезного ископаемого, внутренние прослои пустых пород или некондиционных руд и призальбандовые вмещающие породы, отбираются посекционно в пределах одного рейса. Объединять в одну пробу материал соседних рейсов допускается лишь при незначительных различиях (5-10%) в выходе керна и по мощным телам однородного состава (коэффициент вариации содержания не более 100%). Интервалы с резко различным выходом керна должны опробоваться отдельно.

2.4. При опробовании скважин, диаметр бурения которых 76 мм и более, керн раскалывается по оси керноколом или распиливается. Одна его половина идет в пробу, другая - сохраняется в качестве дубликата. Мелочь, образующаяся при раскалывании или распиливании керна, делится пополам. Одна половина присоединяется к пробе, другая - к дубликату. При меньших диаметрах бурения возможность отбора в пробу половины керна требует дополнительного обоснования сопоставлением результатов определений по двум половинам керна.

2.5. Для определения в рудах содержаний попутных компонентов и вредных примесей, которые не учитываются при оконтуривании тел полезных ископаемых и выделении промышленных (технологических) типов и сортов руд, а при необходимости, для определения шлакообразующих компонентов из материала рядовых проб, расположенных в контуре промышленного оруденения, составляются групповые пробы. При снижении параметров кондиций следует составить групповые пробы по не охваченным ими интервалам пересечений рудных тел.

Размещение и общее количество групповых проб, порядок объединения в них рядовых проб должен обеспечивать равномерное опробование каждого природного типа и сорта полезного ископаемого, а также основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси, выяснение закономерностей изменения их содержания по простиранию и падению рудных тел, возможность оценки их содержаний при повариантном обосновании кондиций для подсчета запасов. На месторождениях, представленных мощными рудными телами (залежами), групповая проба обычно характеризует

одно пересечение промышленного сорта (разновидности) руды. На жильных месторождениях при малой мощности рудных тел, когда подсчет запасов производится по забойным пробам, в групповые пробы допускается объединять рядовые пробы по горизонтам в пределах однородных участков.

Масса каждой групповой пробы должна обеспечить возможность выполнения всех необходимых анализов. Она составляется из материала, отбираемого из дубликатов обработки объединяемых рядовых проб, который тщательно перемешивается и разделяется на равные по массе аналитическую пробу и ее дубликат. Массы отбираемого из дубликата материала должны быть пропорциональны длине соответствующих рядовых проб.

Наряду с попутными, шлакообразующими компонентами и вредными примесями в групповых пробах определяются содержания основных компонентов для контроля правильности составления групповых проб (путем их сопоставления со средними значениями, рассчитанными взвешиванием содержаний в объединяемых рядовых пробах на их длину) и для установления зависимости между содержаниями основных и попутных компонентов. Рядовые и групповые пробы на основные компоненты целесообразно анализировать в одной лаборатории.

3. Методика оценки достоверности опробования

3.1. Решающее значение для надежного определения содержания полезных или вредных компонентов, правильного оконтуривания тел полезных ископаемых и качественного подсчета запасов имеет достоверность опробования, обеспечиваемая плотностью сети наблюдений, правильностью выбора способа (метода) опробования, необходимым количеством проб, их обоснованными геометрией и массой, характером расположения в выработке.

3.2. Достоверность опробования оценивается статистически - вычислением его случайных и систематических погрешностей.

Выбранный способ опробования должен, прежде всего характеризоваться отсутствием систематической погрешности определения содержаний анализируемых компонентов, обусловленной избирательным выкрашиванием материала при опробовании горных выработок, избирательным истиранием керна при колонковом бурении или потерями измельченных частиц при бурении скважин сплошным забоем. Наличие систематической погрешности приводит как к неправильному определению качества руды, так и к неверным представлениям о морфологии и внутреннем строении рудных тел, что может стать причиной существенных ошибок подсчета запасов руды и металла и неверной оценки промышленного значения месторождения.

Случайная погрешность выбираемого способа опробования, возникающая под влиянием природной изменчивости состава руды, вызывает преимущественно локальные ошибки в представлениях об особенностях морфологии и внутреннего строения рудных тел и качестве руды, но в большинстве случаев не приводит к неправильной оценке промышленного значения месторождения. Ошибочная оценка может возникнуть при разведке месторождений, представленных маломощными рудными телами с высокой изменчивостью распределения полезных компонентов. Для значительной части этих рудных тел случайные погрешности опробования могут привести к неверным представлениям об их непрерывности по падению и простиранию, мощности и качестве руды. В связи с вышеизложенным предельно допустимую величину случайных ошибок, которую должен обеспечить выбираемый способ опробования, следует обосновать исходя из геологических особенностей разведываемого месторождения.

3.2.1. Случайная погрешность выбираемого способа опробования оценивается путем вычисления среднего квадратического отклонения между результатами определения содержания полезного компонента в отобранных с одних и тех же интервалов исследуемых пробах и контрольных, имеющих те же параметры (например, борозда по борозде одного и того же сечения, линейно-точечные пробы по двум сопряженным линиям, две половинки керна и т.д.). Вычисления выполняются по формуле:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i^o - C_i^k)^2}{2n}}$$

где: σ - случайная погрешность опробования;

C_i^o и C_i^k - содержание полезного компонента в i -ом интервале опробования соответственно при основном (контролируемом) и контрольном определении;

n - количество сопоставляемых пар определений.

3.2.2. Систематическая погрешность рядового способа опробования оценивается путем определения систематического расхождения между его результатами и данными контрольного опробования, выполненного другим, более достоверным способом, и статистической значимости этого расхождения. Систематическое расхождение вычисляется по формулам:

$$\bar{d} = \frac{\sum (C_i^o - C_i^k)}{n} \quad \text{и} \quad \varepsilon_d = \frac{\bar{d} \cdot 100}{\bar{C}_o}$$

где: d - абсолютная систематическая погрешность основного (контрольного) способа опробования;

C_1^o - содержание полезного компонента в пробе при основном способе опробования;

C_1^k - содержание полезного компонента в пробе при контрольном способе опробования;

n - количество пар сопоставляемых проб;

ε_d - относительная систематическая погрешность основного способа опробования;

\bar{C}_o - среднее арифметическое значение содержаний полезного компонента в совокупности основных проб.

Статистическая значимость систематического расхождения оценивается по t - характеристике (распределение Стьюдента) для доверительной вероятности 0,95.

3.3. Достоверность опробования оценивается по результатам экспериментальных исследований, состоящих в отборе с одних и тех же интервалов исследуемых и более крупнообъемных контрольных проб, характеризующихся большей достоверностью в связи с меньшим влиянием избирательных потерь на результаты определения в них полезных компонентов (для оценки систематической погрешности исследуемого способа образования), а также контрольных проб, имеющих те же параметры, что исследуемые (для оценки случайной погрешности). При выполнении этих работ и статистической обработке их результатов должны соблюдаться следующие требования:

- каждая контрольная и контролируемая ею проба должны характеризовать один и тот же интервал и непосредственно примыкать друг к другу (для снижения влияния природной изменчивости вещественного состава руды на результаты сопоставления их данных);

- длина исследуемых и контрольных проб должна соответствовать средней длине рядовых проб, используемых при разведке месторождения. Нарушение этого требования не позволяет объективно оценить достоверность выбираемого способа опробования, поскольку величина погрешностей зависит от длины проб;

- отбор контрольных и контролируемых проб следует проводить под наблюдением геолога во избежание нарушений методики отбора (невыдержанности поперечного сечения борозды или глубины задириковой пробы, потерь отбиваемых кусков в результате их разлета и т.д.),

- как контрольные, так и контролируемые пробы должны обрабатываться по схеме, достоверность результатов которой предварительно обоснована, а все полученные по ним анализы необходимо подвергнуть внутреннему и внешнему контролю. Интервалы, в которых установлены недопустимые погрешности анализов отобранных проб, подлежат переопробованию или исключению из сопоставления. При нарушении этого требования из-за возрастания влияния погрешностей обработки проб и аналитических работ на результаты сопоставления оценка достоверности исследуемого способа опробования становится необъективной;

- отбор проб и статистическую обработку их результатов надлежит выполнять отдельно по классам содержаний полезного компонента и для различных промышленных (технологических) типов руды. Обязательно выделение классов с содержаниями определяемых компонентов, близкими к бортовому, а также соответствующими рядовым и богатым рудам. При оценке случайной погрешности сопоставляемые данные группируются в классы по средним значениям результатов анализов исследуемых и контролируемых проб, поскольку достоверность тех и других одинакова. Данные, используемые для оценки систематической погрешности, включаются в выделяемые классы по результатам определений в контролируемых пробах. Если данных для создания представительной выборки для отдельных классов недостаточно, допускается оценка систематической погрешности по результатам регрессивного анализа исходных данных или с использованием моделей трехпараметрической логнормальной функции, учитывающих закон распределения случайных погрешностей и форму зависимости систематических и случайных погрешностей от уровня содержания полезного компонента (Усиков Ю.Т. Достоверность геологоразведочной информации. М., 1988);

- при статистическом сопоставлении контрольных и контролируемых проб, резко различающихся по объемам, в отдельных классах может возникнуть дополнительная составляющая систематической погрешности за счет разного характера распределения анализируемых компонентов в сопоставляемых выборках. В первом приближении можно считать, что характер этого распределения одинаков при равенстве линейных эквивалентов каждой контрольной пробы и суммы эквивалентов, соответствующих ей контролируемых проб. Поэтому в подобных случаях (в особенности при заверке валовым способом) для более объективной оценки систематической погрешности, свойственной исследуемому способу опробования, следует число контролируемых проб увеличить, обеспечив указанное равенство, и сопоставлять с результатами анализа каждой из крупнообъемных проб средние значения данных нескольких исследуемых проб, отобранных с того же интервала.

Для практических целей линейный эквивалент валовых, задириковых и бороздовых проб приближенно определяется по формуле:

$L = A+B+0,5C$, где А, В и С - их размеры ($A>B>C$); для керновых проб - $L = \ell + 0,75d$, где ℓ и d - их длина и диаметр. Для бороздовых и керновых проб линейные эквиваленты вполне допустимо приравнять их длине. Таким образом, для корректной оценки погрешности бороздовых или керновых проб их число следует увеличить, обеспечив близость их суммарной длины линейному эквиваленту контрольной пробы в каждом сопоставляемом интервале.

3.4. Если оцениваемый способ опробования характеризуется наличием систематической погрешности, необходимо обосновать достоверность другого способа. При вынужденном использовании в подсчете запасов результатов опробования, содержащих систематическую погрешность, следует оценить ее влияние на запасы руды, запасы и содержание полезных компонентов и разработать механизм корректировки искаженных данных при подсчете запасов путем введения соответствующих поправочных коэффициентов, дифференцированных по типам руд, классам содержаний различных компонентов и способам опробования. Если абсолютная систематическая погрешность постоянна, поправка может рассчитываться по формуле:

$$\Delta C = \bar{C}_o - \bar{C}_k,$$

где ΔC - постоянная поправка к результатам основных определений.

Если постоянной оказывается относительная систематическая погрешность, то поправочный коэффициент (множитель) к результатам рядового опробования определяется по формуле:

$$K = 1 - \frac{\epsilon d}{100}$$

4. Оценка достоверности геологического опробования скважин

4.1. Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от принятого вида и качества бурения.

4.2. При колонковом бурении должен быть получен выход керна, обеспечивающий достоверность данных об особенностях залегания тел полезных ископаемых и вмещающих пород, их мощностях, внутреннем строении, характере околорудных изменений, распределении природных разновидностей руд, их текстуры и структуры. Для каждого природного типа полезного ископаемого необходимо установить минимально допустимый для подсчета запасов выход керна, для которого доказано отсутствие избирательного истирания. Пре-

дельный выход керна устанавливается в каждом конкретном случае по результатам сопоставления кернового опробования по классам выхода керна с данными валового, бороздового, геофизического и других методов и способов опробования.

Величину линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым (сравнение теоретической и фактической массы керна) или объемными способами (сопоставление фактического объема керна, который замеряется в мерном сосуде с водой, с его расчетной величиной). Для повышения выхода керна и снижения его избирательного истирания следует использовать различные технические средства: снаряды с обратной призабойной промывкой, двойные и тройные колонковые трубы, съемные керноприемники и др.

4.3. Погрешности кернового опробования связаны с изменчивым характером оруденения, неполным выходом керна, его избирательным истиранием, ошибками обработки и анализа проб. Достоверность результатов опробования скважин во всех случаях, независимо от выхода керна, необходимо доказать экспериментальными работами, учитывая при этом, что вероятность избирательного истирания керна увеличивается с уменьшением его выхода и диаметра бурения. Степень избирательного истирания изучается применительно к различным типам руд.

4.4. При изучении избирательного истирания керна необходимо:

- обеспечить статистически достаточный объем исследований по технологическим типам руд, классам выхода керна и содержания;
- стремиться при проведении экспериментальных работ (истирание на мельнице, разбуривание керна на стендовых установках) к воспроизводству используемой технологии бурения (давление на забой, скорость вращения шпинделя и т.д.)
- получить данные по физико-механическим свойствам руд с различным содержанием полезных компонентов и учитывать их при установлении зависимости между выходом керна и содержанием компонентов в пробах.

4.5. Погрешности кернового опробования оцениваются прямыми и косвенными методами.

К прямым методам заверки относятся:

- контроль данных анализов керновых проб результатами геофизического опробования скважин. При этом непременным условием является доказанная достоверность геофизического опробования, подтвержденная в установленном порядке специальными работами. Данные геологического опробования и геофизических измерений сравниваются по классам выхода керна и содержаний полезных компонентов в скважинах, равномерно характеризующих тела по-

лезного ископаемого по простиранию и падению, различные сорта и разновидности руд. Этот вид контроля наиболее эффективен, производителен и дешев. Он может широко использоваться при благоприятных физико-геологических условиях;

- заверка данных буровых скважин бороздовым или валовым (реже задирковым) опробованием горных выработок, пройденных по стволам контролируемых скважин. При этом следует обеспечить совпадение интервалов отбора керновых и бороздовых проб, иначе в противном случае результаты контроля будут неоднозначны.

В случае заверки валовыми пробами для корректной оценки систематической погрешности число керновых проб следует увеличить (см. п. 3.3.). Для этого вблизи контрольной выработки, пройденной вдоль оси скважины, необходимо пробурить дополнительно ряд скважин, обеспечивающих в сумме требуемое количество сопоставляемых керновых проб,

- контроль опробования скважин колонкового бурения отбором керновых проб из скважин большого диаметра, которые бурятся по стволам или вблизи (3-5 м) контролируемых. Этот метод при благоприятных геологических условиях является наиболее экономичным, но требует обеспечения полного сбора шлама;

- сопоставление данных опробования керна при его различном выходе с результатами опробования шлама и мути, отобранных с того же интервала. При этом шлам и мути отбирают в отдельную пробу и определяют раздельно массу керна, шлама и мути. Пробы керна, шлама и мути обрабатываются и анализируются также раздельно. Этот способ применим в тех скважинах, где не поглощается промывочная жидкость, исключено растворение каких-либо минералов и засорение материала керновых проб и шлама вывалами из стенок скважин. Непременным условием является полный отбор шлама, точная привязка его к интервалам опробования керна, отсутствие засорения шламовых проб материалом других интервалов. Сбор только одного шлама бывает недостаточным, особенно на молибденовых и окисленных рудах, а также при проявлении эффекта флотации промывочной жидкостью рудных или нерудных (глинистых, слюдистых) минералов.

Если перечисленные способы заверки по каким-либо причинам использовать невозможно, данные кернового опробования допустимо заверять результатами ударно-канатного бурения (УКБ) при условии установления их достоверности.

К косвенным методам заверки относятся:

- сопоставление подсчетных параметров и запасов рудных тел разведываемого участка, представлений об их морфологических особенностях и внутреннем строении, установленных раздельно по скважинам и горным выработкам. Этот метод достаточно эффекти-

вен и его рекомендуется широко использовать на разрабатываемых месторождениях, а также на месторождениях, где наряду со скважинами при разведке используются горные выработки;

- сопоставление данных буровых скважин с данными близлежащих горных выработок. Для использования этого метода необходимо, чтобы рудные тела пересекались скважинами и горными выработками на полную мощность, а предельно допустимое расстояние между сравниваемыми выработками не превышало радиуса влияния скважины, определенного геостатистическим методом (Матерон Ж. Основы прикладной геостатистики. М., 1968; Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. М., 1980).

- статистический метод, когда избирательное истирание керна оценивается по наличию или отсутствию корреляции между содержанием полезного компонента в керновых пробах и процентом выхода керна;

- экспериментальный метод, когда изучаются физико-механические свойства руд и распределение содержания полезного компонента после дробления, истирания и отсева проб. При этом сопоставляется содержание полезных компонентов в разных по крупности фракциях пробы.

Два последних метода позволяют лишь сделать предположение о возможном наличии или отсутствии систематической погрешности, связанной с избирательным истиранием керна. При этом величина погрешности не устанавливается.

4.6. При опробовании скважин ударно-канатного бурения, которые широко используются при разведке россыпей, разрушенная порода извлекается с помощью желонки или пробоотборников соответствующих конструкций. Представительный объем поступающего в пробу материала зависит от содержания полезного компонента в россыпи, крупности зерен минералов и характера их распределения. Оптимальный объем пробы следует обосновать экспериментальными работами. Весь материал, извлеченный с определенного интервала скважины, поступает в сливную колоду, затем в специальные сосуды (отстойники) для отстоя пульпы и замера объема. После полного осаждения материала из отстойника осторожно удаляется вода, а осадок поступает в пробу. Для обезвоживания поднимаемого материала можно применять гидроциклоны.

При разведке россыпей золота, платины, драгоценных камней весь выжелоненный материал полностью поступает на промывку.

Достоверность данных опробования скважин ударно-канатного бурения обычно обусловлена полнотой сбора разрушенного материала (шлама) и надежностью его привязки к определенному интервалу, засорением одной пробы за счет другой, кавернностью стенок скважины и др. При этом могут возникнуть значительные слу-

чайные и систематические погрешности. Для оценки достоверности опробования скважин УКБ проводятся специальные заверочные работы: проходка по ним контрольных шурфов или бурение скважин большого диаметра -500 мм и больше (шурфоскважины), проходка рассечек из шахт или шурфов в створе скважин УКБ или в непосредственной близости от нее (3-5 м), а также траншей по разведочным линиям скважин. Непременным условием использования этих выработок в качестве контрольных является их валовое опробование.

Наиболее эффективна проходка траншей или подземных горных выработок (для глубокозалегающих россыпей), которыми заверяются целые разведочные линии. Траншеи и подземные выработки должны располагаться непосредственно на разведочной линии и пересекать россыпь на всю ширину.

Количество контрольных выработок должно составлять 5-10% от числа скважин, расположенных в контуре балансовых запасов россыпи, но не менее 20. При весьма большом количестве пробуренных скважин контролировать их более 50 выработками нецелесообразно. Контрольные выработки следует располагать в нескольких (обычно не менее трех) разведочных линиях, полностью пересекающих промышленный контур россыпи. При этом должна быть дана характеристика как обогащенных, так и бедных участков месторождения. Недопустим выборочный контроль скважин только с богатым или более бедным содержанием. Если в пределах россыпи выделяются участки, резко отличающиеся по геологическим условиям и способам разведки, то каждый участок должен контролироваться отдельно.

В исключительных случаях, когда по геологическим или техническим условиям проходка контрольных горных выработок или скважин большого диаметра невозможна, в целях контроля допускается бурение кустов скважин УКБ ("строенных линий"), причем контрольные скважины (линии) располагаются вблизи контролируемых. В этих случаях сопоставляются данные опробования не отдельных выработок, а геологические разрезы в целом, составленные раздельно по основным и контрольным скважинам.

В некоторых случаях результаты буровой разведки контролируются путем опытной эксплуатации россыпи.

4.7. Опробование скважин бескернового бурения сплошным забоем производится по шламу, а при бурении скважин с продувкой воздухом - по пыли. Для сбора шлама и пыли применяются циклоны специальной конструкции. Для отбора шламовых проб следует использовать специальные шламоотборники-делители, позволяющие автоматически отсекают в пробу соответствующую часть шлама, которая должна быть определена экспериментальным путем.

Достоверность данных бескернового бурения, так же как и сква-

жин УКБ, связана с полнотой сбора материала (шлама, пыли), надежностью привязки к соответствующему интервалу, засорением гроб материалом из соседней пробы, попаданием в пробу отдельных кусочков породы или руды из стенок скважин в трещиноватых породах и др. Все эти погрешности отбора проб могут привести к случайным или систематическим ошибкам. Оценить качество опробования скважин бескернового бурения можно прямым и косвенным методами, которые рассмотрены при описании контроля результатов кернового опробования и скважин ударно-канатного бурения.

4.8. На эксплуатируемых месторождениях качество принятых при разведке способов опробования (кернового, шламового и др.) следует оценивать результатами разработки. При этом непременным условием является достоверность данных разработки, а также методический уровень сопоставления результатов разведки и эксплуатации, при проведении, которого рекомендуется пользоваться "Временными требованиями к сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых" (М., ГКЗ СССР, 1986).

5. Оценка достоверности геологического опробования горных выработок

5.1. Основным геологическим способом опробования рудных тел полезных ископаемых в горных выработках является бороздовый, в отдельных случаях, при равномерном распределении содержаний полезных компонентов в руде (коэффициент вариации* до 100%) - точечный и линейно-точечный ("пунктирная борозда"). Маломощные (до 40 см) жильные рудные тела опробуются задирковыми пробами.

5.2. Достоверность бороздового, линейно-точечного и точечного опробования горных выработок контролируется валовыми и задирковыми пробами. На месторождениях с равномерным и неравномерным распределением содержаний основных полезных компонентов (V до 100%) должно контролироваться не менее 30 рядовых проб для каждого класса содержаний в каждом из выделенных технологических типов, а на месторождениях с большей неравномерностью распределения содержаний - не менее 50. При контроле рядового опробования валовыми пробами необходимо в сопоставляемых интервалах увеличить число контролируемых проб (см. п. 3.3.), расположив их несколькими линиями на стенках горной выработки. Число валовых проб определяется исходя из количества контролируемых проб, подлежащих заверке.

5.3. Если бороздовое или другое опробование заверяется задирковыми пробами, контрольная проба должна полностью перекры-

* В дальнейшем обозначается символом "V".

вать контролируемую. При этом суммарный линейный эквивалент бороздовых проб также должен быть приблизительно равен линейному эквиваленту задиговой пробы. При заверке рядового задигового опробования задиговыми же пробами площади контрольной и контролируемой пробы принимаются равными, а глубина контрольной пробы увеличивается в 3-6 раз. При отборе задиговых проб следует строго выдерживать их глубину.

5.4. Отбор валовых проб весьма трудоемок. Поэтому их следует использовать для решения одновременно нескольких задач: составления лабораторных и полупромышленных технологических проб, оценки возможности применения рудосортировки, определения объемной массы руд путем выемки целиков и т.д.

Надежность данных, полученных по валовым пробам, в значительной мере зависит от методики их отбора и обработки. При отборе следует исключить разубоживание руды вмещающими породами. Отбитый материал включается в пробу полностью. Квартование валовой пробы в забое недопустимо. Ее в полном объеме без потерь следует доставить на специальную площадку или в аналитическую лабораторию.

5.5. В качестве контроля данных рядового геологического опробования можно использовать геофизическое опробование стенок и забоев горных выработок. При этом сравниваются содержания полезных компонентов, достоверность определения которых геофизическими методами установлена специальными работами. Геологическое и геофизическое опробование следует проводить в одних и тех же интервалах.

5.6. Распространенным способом заверки (особенно при разведке россыпей) результатов опробования является сопоставление результатов разведки с данными эксплуатации. На неэксплуатируемых месторождениях этот вариант осуществим в тех случаях, когда на стадии детальной разведки месторождения предусмотрено проведение опытной эксплуатации.

6. Оценка достоверности геофизического опробования

6.1. При благоприятных физико-геологических особенностях месторождений в качестве рядового опробования целесообразно применять геофизические методы при доказанной их достоверности.

На многих месторождениях железных, медных, полиметаллических, оловянных, сурьмяных, вольфрамовых, молибденовых, ртутных и других руд геофизическое опробование позволяет повысить достоверность получаемых данных и эффективность геологоразведочных работ. При использовании геофизического опробования в качестве основного метода резко снижается влияние технических погрешностей бурения (возникающих при снижении выхода керна)

на достоверность определения глубины залегания, мощности и внутреннего строения рудных тел, содержания в них полезных компонентов и вредных примесей, выделения природных разновидностей и сортов минерального сырья; сокращаются затраты на отбор и обработку проб. Экспрессность информации позволяет обеспечить оперативность управления геологоразведочными работами. Для повышения достоверности геофизического опробования в сложных физико-геологических условиях практикуется комплексирование нескольких геофизических методов, позволяющее расширить спектр определяемых элементов и внести поправки на влияние тех или иных мешающих факторов (плотность, влажность, кавернозность, нейтронпоглощающие элементы и др.).

В комплексе применяемых методов геофизического опробования ведущая роль принадлежит рентгенорадиометрическому методу, отличающемуся универсальностью, простотой реализации и возможностью одновременного определения в рудах нескольких элементов, а также методу магнитного или электромагнитного каротажа. На месторождениях плавиково-шпатовых, марганцевых и алюминиевых руд наиболее эффективно используется нейтронно-активационный метод. При разведке ртутных месторождений применяется спектрометрический нейтронный гамма-каротаж. Характеристика геофизических методов опробования приведена в таблице. Целесообразность применения геофизических методов в качестве рядового опробования, а также рациональное соотношение их с другими видами опробования устанавливаются, как правило, на стадии предварительной разведки путем сопоставления точности геофизических и геологических данных по опорным интервалам и пересечениям рудных тел.

6.2. При наличии в рудах попутных полезных компонентов, вредных примесей или шлакообразующих компонентов, которые недостаточно надежно устанавливаются геофизическими методами, на месторождении следует параллельно выполнить геологическое опробование в объеме, достаточном для достоверного подсчета запасов этих попутных компонентов или определения качества руд.

6.3. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов полезных ископаемых, производство геофизических измерений, их интерпретация, оценка точности геофизических данных регламентируются "Требованиями к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья" (ГКЗ СССР, 1989).

6.4. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования при 100%-ном линейном выходе керна по опорным интерва-

**Основные характеристики геофизических методов опробования,
применяемых при разведке месторождений металлов и нерудного сырья**

Метод	Определяемый элемент, параметр	Порог обнаружения, %		Глубинность метода, см
		в горных выработках	в скважинах	
Плотностной гамма-гамма метод	Плотность пород и руд	$n \times 0,01 \text{ г/см}^3$	$n \times 0,01 \text{ г/см}^3$	5-10
Селективный гамма-гамма метод	Fe, W, Hg, Ba	0,5-1,0 $n \times 0,1$	1,0-2,0 $n \times 0,1$	3-5 3-5
Рентгенорадиометрический метод	Pb, W, Hg Ba, Sn, Sb, Ag, Nb, Sr, Rb Pb, As, Zn, Cu, Ni, Co, Fe	0,05-0,1 0,01-0,05 0,05-0,1	0,1-0,2 0,05-0,2 0,1-0,5	1-2 0,1-0,5 0,05-0,1
Гамма-нейтронный метод	Be	$n \times 10^{-4}$	$n \times 10^{-3}$	10-15
Нейтрон-нейтронный метод	Li, B, Cd, Hg Влажность объемная	0,01-0,05 0,5-1,0	0,05-0,1 1,0-2,0	10-20 10-20
Нейтронный гамма-метод	Hg, Fe, Ni, Mn	-	0,1-0,5	10-20
Нейтронно-активационный метод	Al, Si, Na, Ca Cu, Mn, F $P_2O_5 = \varphi(F)$	- - -	0,5-2,0 0,1-0,5 1,0	5-15 5-15 5-15
Гамма метод	U, Th K $P_2O_5 = \varphi(U, Th)$	- - -	$(1,0-1,5) \times 10^{-4}$ 0,5-1,0 1,0	10-20 10-20 10-20
Метод магнитной восприимчивости	Fe	0,5-1,0	1,0-2,0	10-20
Регистрация нейтронов деления	U	-	0,01-0,005	10-20

лам или интервалам с предельным выходом керна, для которого доказано отсутствие избирательного истирания.

Систематические расхождения между данными геофизического и геологического опробования интервалов во всех классах мощностей рудных тел и содержаний анализируемых компонентов должны быть статистически незначимы. Значимость оценивается по t- критерию (распределение Стьюдента).

При статистической обработке материалов сопоставления данные по отдельным интервалам следует группировать в классы по средним значениям результатов геологического и геофизического опробования.

Равноточность результатов опробования геологическим и геофизическим методами (в отношении случайных ошибок) подтверждается однородностью их дисперсий по секционным интервалам опробования пересечений тел полезного ископаемого. Проверка производится по критерию Фишера. Превышения случайных ошибок геофизического опробования над случайными ошибками геологического опробования считаются статистически незначимыми, если доказана однородность дисперсий результатов опробования этими методами.

Оценка точности геофизического опробования выполняется в соответствии с методическими указаниями, апробированными Научно-методическим советом по геофизическим методам опробования (НМС). Полученные результаты и принятые решения рассматриваются научно-техническими советами производственных геологических организаций (концернов, ассоциаций), выполняющих геолого-разведочные работы, и направляются на утверждение в НМС.

6.5. Оценка качества рядового геофизического опробования производится ГКЗ в процессе экспертизы представленных материалов. Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчетов запасов месторождений со сложными физико-геологическими и горно-геологическими условиями, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов рассматриваются экспертно-техническим советом ГКЗ после их одобрения НМС.

6.6. При использовании геофизического опробования необходимо обеспечить высокий выход керна (для которого доказано отсутствие избирательного истирания) по части рудных интервалов, равномерно характеризующих рудную залежь, с целью установления корреляционной зависимости между геофизическими измерениями и содержанием полезных компонентов, а также для контроля результатов геофизического опробования в процессе работ. Количество этих рудных интервалов также регламентируется "Требованиями к

геофизическому опробованию...".

Если данные керновых проб не могут служить эталоном при оценке достоверности геофизического опробования, его результаты следует сравнить с данными валовых и бороздовых проб, отобранных из горных выработок, пройденных по стволам опорных скважин. При этом валовые пробы формируются последовательно из всего объема рудного материала, полученного при проходке контрольной горной выработки. Достаточная масса валовой пробы определяется экспериментально.

6.7. Оформление и представление материалов геофизического опробования в отчетах с подсчетом запасов, где эти данные используются для установления подсчетных параметров тел полезных ископаемых (мощности и содержания, объемной массы), необходимо производить в соответствии с действующими инструктивными документами.

7. Оперативный геологический контроль опробования

7.1. Кроме обоснования способа и методики опробования, которые должны выполняться на ранних стадиях геологоразведочных работ, на месторождениях в течение всего периода разведки необходимо систематически проводить оперативный геологический контроль рядового опробования (раздельно по всем типам и разновидностям руд с учетом вещественного состава) в объеме, достаточном для статистической обработки полученных результатов. Сюда относится контроль за работой пробщика, а также контроль отбора проб, их обработки и анализа.

7.2. Контроль за работой пробщика состоит:

- в определении правильности отбора проб: контроль положения проб относительно элементов рудного тела, полноты опробования рудных тел по мощности, выдержанности принятых параметров отбираемых проб, правильности раскалывания (распиливания) керна и сбора мелочи при отборе пробы из керна с легко выкрашивающимися минералами (молибденит, шеелит и т.д.), соответствия фактической массы пробы теоретической,
 - в отборе в горных выработках контрольных сопряженных проб в количестве не менее 5% от общего числа рядовых тем же пробщиком, но под наблюдением геолога, с целью оценки объективности отбора проб и правильности методических приемов;
 - в проверке точности маркировки проб и правильности ведения технической документации (журнал опробования и др.),
 - в оценке сохранности проб в процессе их транспортировки от места отбора до лаборатории.
- Систематический контроль работы пробщика должен быть отражен в соответствующих актах.

Если в процессе контроля отбора проб выявляется неправильное положение отобранных проб по отношению к рудному телу, неравномерность отбора их материала по всей длине, несоблюдение принципа секционного отбора или значительное отклонение (более 20%) фактической массы от теоретической, пробы в соответствующих интервалах отбираются заново.

7.3. При оперативном контроле отбора проб наиболее широко используется сравнение их фактических и расчетных (теоретических) масс. Этому сравнению подлежит не менее 5% всех проб, отобранных соответствующим способом (керновых, бороздовых и т.д.). Фактические и расчетные массы всех сравниваемых проб вносятся в журналы опробования.

Случайные отклонения фактической массы пробы от расчетной не должны превышать 20%. При выявлении систематических, а также более значительных случайных погрешностей, необходимо выяснить их причины и оценить степень влияния на достоверность опробования. Расчетная масса проб P_p (кг) определяется по формулам:

$$\text{для керновых проб}^* - P_p = \frac{\pi D^2 \ell d}{8000}$$

$$\text{для бороздовых проб} - P_p = \frac{S \ell d}{1000}, \text{ где}$$

D - диаметр керна, см;

ℓ - длина интервала опробования (для кернового способа - длина керновой пробы), см;

d - объемная масса руды, г/см³ или т/м³;

S - площадь поперечного сечения борозды, см².

На россыпных месторождениях объем пробы, отобранной из скважины ударно-канатного бурения, рассчитывается по формуле:

$$V = S \ell, \text{ где}$$

V - объем буровой пробы, м³;

ℓ - интервал углубки скважины, м;

S - площадь забоя скважины, м².

Площадь забоя скважины вычисляют по формуле:

$$S = \frac{\pi D^2}{4}, \text{ где}$$

S - площадь забоя скважины, м²;

D - диаметр лезвия долота, наружный диаметр башмака, внутренний диаметр трубы, м.

* Формула для отбора в пробу половины керна. При его полном отборе знаменатель уменьшается вдвое.

При бурении без обсадки необходимо по данным кавернометрии оценить расхождение между теоретическим и фактическим диаметром скважины. Если величина этих расхождений превышает 10%, площадь забоя скважины рассчитывают по фактическому диаметру, который принимается как среднее значение данных кавернометрии, выполненной через каждые 10 см уходки. Кавернограммы вкладываются в буровой журнал.

8. Контроль качества обработки проб

8.1. В процессе контроля обработки проб необходимо оценить характер и величину возникающих погрешностей и выявить причины их возникновения: из-за несоответствия схемы обработки особенностям распределения в пробах продуктивных минералов, а также в связи с возможностью избирательного выноса измельчаемых частиц вытяжной вентиляцией и загрязнением обрабатываемого материала остатками предыдущих проб.

8.2. Для выявления величины возникающей случайной погрешности проводится экспериментальная обработка 30-50 проб. Каждая из них измельчается до крупности, предусмотренной предварительно намеченной схемой обработки для первой стадии дробления. Измельченный материал тщательно перемешивается и сокращается вдвое квартованием или делителем Джонса. Каждая из этих частей обрабатывается как самостоятельная проба по той же схеме и при том же значении коэффициента K в уравнении $Q = K d^2$, положенного в основу исследуемой схемы обработки рядовых проб. Здесь Q - масса пробы, кг; d - диаметр отверстий сит или размер кусков (частиц) материала, мм; K - значение коэффициента, которое принимается от 0,05 до 1,0 в зависимости от степени неравномерности распределения компонентов. Эти две опытные пробы направляются на анализ в ту же лабораторию, где анализируются рядовые пробы. Результаты анализов по каждой паре равных частей пробы сводятся в таблицу, и по ним вычисляется среднеквадратическая погрешность определений содержаний основных компонентов. Если средняя относительная погрешность обработки и анализа не превышает 15-20%, точность обработки проб считается достаточной. При большей погрешности следует изменить схему обработки проб (исходя из увеличенного значения коэффициента K) и проверить ее новыми испытаниями.

Для коренных месторождений золота, платины, которые отличаются низкими содержаниями, а также при избирательном выкрашивании рудных минералов или небольшой массе рядовых проб (до 5 кг) других полезных ископаемых с весьма неравномерным распределением содержаний основных компонентов, следует использовать более надежную, но дорогостоящую схему обработки. В этом случае

весь материал пробы измельчается до конечной крупности (обычно 0,1-0,07 мм), тщательно перемешивается, а затем сокращается до необходимой массы, из которой отбирается навеска для анализа.

8.3. Систематические погрешности обработки проб выявляются сопоставлением средних содержаний основных полезных компонентов в лабораторных пробах, полученных по исследуемой схеме обработки, и в материале отходов обработки проб. Ниже перечислены методы сопоставления этих данных по степени их использования в практике геологоразведочных работ;

- сравнение результатов анализов основной пробы и материала, полученного после первой стадии сокращения;
- сравнение результатов анализов основной пробы и частных проб, полученных из материала на каждой стадии обработки;
- сравнение результатов анализов основной пробы и частных проб, полученных на первой и последней стадиях сокращения. В этом случае обрабатывается проба большой массы (десятки килограммов).

Кроме того, для полезных ископаемых со сравнительно равномерным распределением содержаний допустим другой вариант эксперимента. Собираются остатки сокращения достаточно большого количества (40-50) рядовых обрабатываемых проб. Эти остатки объединяются в одну пробу, которая используется в качестве контрольной. После получения результатов анализов данные контрольной (объединенной) пробы сравниваются с результатами анализа контролируемых проб.

Статистическое сопоставление результатов экспериментальных исследований выполняется по той же методике, что и для внешнего геологического контроля работы химической лаборатории. При выявлении статистически значимой систематической погрешности необходимо выяснить причины ее возникновения и принять меры по повышению качества обработки проб.

Для руд с крупными зернами золота, его невысоким содержанием (до 5 г/т) и крайне неравномерным распределением, когда вероятность попадания в конечную лабораторную пробу крупных золотин резко снижается, проводится эксперимент по методу "Плавка всего материала пробы". В этом случае проба массой в несколько килограммов обрабатывается и сокращается таким образом, чтобы получить из нее ряд лабораторных проб массой в 1 кг. Из каждой лабораторной пробы отбирается (методом вычерпывания) 20 навесок по 50 г, т.е. плавке подвергается практически вся ее масса. Этот метод обеспечивает высокую надежность определения содержания золота в исходной пробе. Его сопоставление с результатами анализа частных проб позволяет выявить ошибки на всех стадиях обработки пробы и оценить эффект влияния крупного золота на ее ре-

зультаты.

На месторождениях с крупными зернами самородного золота применяется также гравитационный метод обработки проб. Вся масса пробы после дробления до 1-2 мм промывается в воде на лотке или лабораторной промывочной установке. Затем хвосты промывки обрабатываются по общей схеме, а извлеченное при гравитации золото учитывается и относится ко всей пробе.

Качество заверочных работ, надежность оценки достоверности рядового опробования зависит от правильности обработки валовой пробы. Поэтому, обрабатывая валовую пробу, отличающуюся крайне неравномерным распределением оруденения (особенно из руд благородных металлов, молибдена, вольфрама), следует измельчить весь отобранный материал с последующим его разделением на частные пробы, дальнейшая обработка которых должна производиться по обычной схеме в соответствии с установленным коэффициентом K . Масса и количество частных проб зависит от неравномерности распределения оруденения. Содержание полезного компонента в валовой пробе определяется как среднее содержание во всех частных пробах.

8.4. При больших случайных и систематических погрешностях необходимо обосновать принятый коэффициент K в формуле $Q=Kd^2$ по результатам обработки валовой пробы по нескольким схемам, рассчитанным исходя из различных значений этого коэффициента. Дробленный и перемешанный материал валовой пробы расквартовывается на несколько частных проб, которые обрабатываются по исследуемым схемам. Оптимальное значение коэффициента K определяется по кривой зависимости содержания полезного компонента от значений этого коэффициента, положенных в основу исследуемых схем обработки. Оно соответствует точке перегиба кривой. Оптимальная масса сокращенных проб для каждой стадии обработки зависит от степени неравномерности распределения полезного компонента в руде, крупности материала и величины допустимой погрешности сокращения.

8.5. Для обеспечения высокого качества обработки проб следует проводить систематический контроль за работой приборозделочного цеха, проверяя соблюдение установленной схемы обработки проб и правильность их сокращения, а также оценивая возможность избирательного выноса материала вытяжной вентиляцией и засорения обрабатываемых проб ранее обработанным материалом.

Правильность сокращения обрабатываемого материала проверяется контрольным взвешиванием сокращенной пробы и сопоставлением ее фактической и расчетной массы.

Для количественной оценки избирательного выноса материала вытяжной вентиляцией следует не менее одного раза в квартал со-

брать, взвесить и направить на анализ всю пыль, выносимую вентилятором на протяжении одной смены. Одновременно фиксируются номера и масса обработанных за смену проб. Сравнение масс собранного материала и обработанных проб, а также содержаний в них позволяет определить характер и величину возникающих по этой причине погрешностей обработки проб.

В целях оценки возможности засорения обрабатываемых проб остатками ранее обработанных рекомендуется периодически пропускать через неочищенное оборудование (дробилки, истиратели, делители и т.д.) материал, не содержащий анализируемых компонентов, который затем направляется на анализ.

8.6. Качество обработки проб на россыпных месторождениях проверяется опробованием и контрольной промывкой гале-эфельных отвалов и сливов шлама или хвостов механизированной промывки с целью оценки вещественного состава указанных продуктов. Контрольная промывка должна осуществляться на обогатительных установках. Кроме того, контролируются операции, связанные с подготовкой пробы к анализу (квартование, отдувка шлиха, взвешивание и др.). Технические потери полезного компонента не должны превышать 5%. Качество обработки следует контролировать ежемесячно.

9. Контроль качества анализов проб

9.1. Для определения качества руд (содержания полезных и вредных компонентов и др.) используются методы анализа III категории точности, установленные государственными стандартами и утвержденные научными советами по аналитическим и минералогическим методам исследования (НСАМ и НСОММИ) бывшего Министерства геологии СССР в ранге отраслевых методик. Спектральный и другие методы анализа, не отвечающие требованиям III категории, целесообразно использовать для предварительной отбраковки проб с низкими (некондиционными) содержаниями. Изучение руд следует начинать с определения полного химического состава с помощью спектрального или химического анализов. Отсутствие этих данных может привести к некомплексному изучению руд.

Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных и попутных полезных компонентов, а также вредных примесей и, при необходимости, шлакообразующих компонентов. Минеральный состав руд (природных разновидностей, промежуточных типов), их текстурно-структурные особенности и физические свойства, влияющие на полноту извлечения полезных компонентов при обогащении и последующей переработке концентратов, должны быть изучены с применением минералогическо-петрографических, физических, химических и других анализов по

методикам, утвержденным НСОММИ и НСАМ бывшего Министерства геологии СССР, позволяющим получить объективные и полные количественные данные по химическому, фазовому составу и диагностике минералов.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления границ зоны окисления и зоны вторичного обогащения, а также изучения распределения полезных компонентов по минеральным формам следует выполнять фазовые анализы с целью определения форм нахождения минералов в этих зонах.

9.2. Качество анализов проб необходимо систематически контролировать. Контроль проводится согласно требованиям методических указаний НСАМ, утвержденных бывшим Министерством геологии СССР и согласованных с ГКЗ.

Для оценки качества работы лабораторий осуществляется геологический контроль, который подразделяется на внутренний, внешний и арбитражный. Геологический контроль анализов проб выполняется независимо от лабораторного контроля систематически в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные компоненты и вредные примеси.

Внутренний контроль состоит в повторном анализе зашифрованных проб в основной лаборатории для выявления величины случайных погрешностей в ее работе. Анализ контрольных проб должен выполняться по той же методике, что применялась для контролируемых проб. На внутренний контроль в обязательном порядке направляют пробы с аномально высокими содержаниями анализируемых компонентов.

Внешним контролем выявляются и оцениваются систематические погрешности анализов основной лаборатории. Его целесообразно выполнять одной контролирующей лабораторией. На внешний контроль направляются дубликаты только тех аналитических проб, которые прошли внутренний контроль. Из партии исключаются пробы, в которых содержание компонента по данным основного и контрольного определений различаются более чем на три величины относительной среднеквадратической погрешности. Результаты анализов рядовых проб, направляемых на контроль, не сообщаются контролирующей лаборатории, но указывается метод анализа и дается минералогическая характеристика проб для того, чтобы при внешнем контроле можно было выбрать наиболее рациональный метод анализа. В контролирующей лаборатории анализы должны выполняться по проверенной надежной методике со 100%-ным внутрилабораторным контролем.

Внешний контроль можно осуществить с помощью стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, кото-

рые в зашифрованном виде включаются в партию проб, направляемых на анализ в основную лабораторию.

9.3. Пробы, подвергаемые внутреннему и внешнему контролю, должны характеризовать все типы, сорта (разновидности) руд месторождения, классы содержания полезных компонентов. Для внутреннего и внешнего контроля материал отбирается из аналитических дубликатов (или остатков) проб, которые хранятся в лаборатории.

Внутренний и внешний контроль необходимо проводить систематически. Объем контрольных анализов должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний полезных компонентов и периоду разведки. По каждому классу содержаний следует выполнить не менее 30 контрольных анализов. Классы содержаний выделяются с учетом требований кондиций для подсчета запасов.

9.4. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний, типу и сорту руд производится по периодам (квартал, полугодие, год - в зависимости от количества проб), отдельно по каждому методу анализа и каждой лаборатории, выполняющей основные анализы.

По результатам внутреннего контроля для каждого класса содержаний и конкретного периода работы определяется относительная среднеквадратическая погрешность, которая не должна превышать значений, приведенных в инструкциях по применению классификации запасов к месторождениям соответствующих руд. В противном случае результаты анализов данного класса бракуются, и все пробы этого класса подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. В лаборатории выясняются причины брака и принимаются меры по его устранению. Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных в таблице, то величины предельных значений относительных среднеквадратических погрешностей находят интерполяцией.

По результатам внешнего контроля вычисляются значения систематического расхождения между результатами основной и контролирующей лабораторий с учетом его знака. При этом классы содержаний разделяются по результатам основных анализов проб. Значимость систематических расхождений оценивается с помощью t -критерия (распределение Стьюдента). Дополнительную оценку значимости можно выполнить другими способами: критериями "ничтожной погрешности", знаков, построением корреляционных графиков, с помощью логнормальной трехпараметрической функции.

При наличии значимых систематических расхождений анализа проб проводится арбитражный контроль для подтверждения систематической погрешности, допускаемой основной лабораторией. В арбитражную лабораторию направляют дубликаты аналитических

проб, хранящихся в основной лаборатории (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты внешних контрольных анализов. На контроль направляется 30-40 проб по каждому классу содержаний и периоду работы основной лаборатории, по которым выявлены систематические расхождения.

Если внешний контроль осуществляется с использованием СОС, то их также следует включить в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10-15 результатов контрольных анализов. Методика выявления систематических расхождений та же, что и при обработке данных внешнего контроля. При подтверждении арбитражным контролем систематических расхождений, допускаемых основной лабораторией, следует выяснить их причины и разработать мероприятия по их устранению, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о целесообразности введения в результаты основных анализов этих проб соответствующего коэффициента. Без арбитражных анализов введение поправочных коэффициентов не допускается.

9.6. По результатам контроля анализов необходимо оценить возможную погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

9.7. Для выполнения экспрессных анализов минерального сырья могут использоваться ядерно-физические методы, которые во многих случаях позволяют определять подавляющее большинство элементов и заменять более трудоемкие аналитические методы.

Нейтронно-активационный анализ с применением атомного реактора (или источника нейтронов), гамма-активационный анализ с использованием бетатронов и микротронов и некоторые другие ядерно-физические методы анализа обеспечивают высокую чувствительность, часто недоступную химическим методам, и возможность определения нескольких элементов в одной навеске. Методы, основанные на использовании естественной радиоактивности, а также радиоизотопных источников излучений (РРМ, ГНМ, ННМ, НГМ, НАМ и др.) характеризуются относительной простотой проведения анализа, высокой производительностью и экспрессностью определений.