

**МИНИСТЕРСТВО ПРИРОДНЫХ РЕСУРСОВ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

**ГОСУДАРСТВЕННАЯ КОМИССИЯ ПО ЗАПАСАМ
ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ
(ГКЗ)**

**МЕТОДИЧЕСКОЕ РУКОВОДСТВО
ПО ПРИМЕНЕНИЮ КЛАССИФИКАЦИИ
ЗАПАСОВ К ЗОЛОТОРУДНЫМ
МЕСТОРОЖДЕНИЯМ**

МОСКВА 1999

Методическое руководство по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям. М., 1999, 47 с. (Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых Министерства природных ресурсов Российской Федерации – ГКЗ).

«Методическое руководство по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям» разработано Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых Министерства природных ресурсов Российской Федерации в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (М., 1997).

«Методическое руководство...» содержит перечень основных требований, предъявляемых к степени изученности разведанных золоторудных месторождений, выполнение которых обеспечивает получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях вовлечения запасов в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия.

С выходом настоящего «Методического руководства...» утрачивает силу «Инструкция по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям» (М., 1983).

Редакционная коллегия:

Ю.Ю. Воробьев, В.И. Воропаев (зам. председателя), О.В. Заборин (председатель), М.Я. Зыкин (зам. председателя), К.И. Сычев.

© Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых (ГКЗ) Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 1999.

Введено в действие распоряжением Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 2 февраля 1999 года № 17-р

Методическое руководство по применению Классификации запасов к золоторудным месторождениям

1. Общие положения

1.1. З о л о т о – металл из группы благородных, его плотность 19,32 г/см³, твердость по Бриннелю 200-500 МПа, температура плавления 1063⁰ С. Золото не соединяется с кислородом, водородом, азотом, углеродом даже при высоких температурах, не растворяется в щелочах и кислотах (за исключением царской водки, селеновой кислоты и щелочных цианидов); растворителями золота могут являться некоторые органические вещества.

Золото обладает высокой теплопроводностью и электропроводностью, мягкостью, вязкостью, уникальной ковкостью и тягучестью. Оно образует сплавы со многими металлами: платиной, палладием, серебром, медью, висмутом, хромом, кобальтом, индием, оловом, алюминием, цинком, кадмием, цирконием и др; с ртутью золото образует амальгаму.

Золото является главным образом валютным металлом; большая его часть сохраняется в виде так называемого золотого запаса, используемого при международных расчетах.

На уникальных физико-химических свойствах золота основывается все возрастающее применение его в промышленности. Золото и его сплавы используются в качестве сварочных материалов в деталях реактивных двигателей, ракет, ядерных реакторов, сверхзвуковых самолетов, разнообразного промышленного оборудования, а также для изготовления термопар, плавких и электрических контактов в электропечах и различных приборах, волюсов хронометров и гальванометров, сопротивлений в потенциометрах и т.д. Золото является весьма эффективным тепло- и светопреобразователем и используется в качестве покрытия поверхности ракет и других аппаратов, предназначенных для запуска в космическое пространство. В электронной технике из золота высокой чистоты изготавливают тончайшие электроды для полупроводников. Золото, легированное германием, индием, галлием, кремнием, оловом и селеном, идет на изготовление контактов, диодов, транзисторов, выпрямителей. Золото находит широкое применение в ювелирной промышленности и в медицине.

1.2. Золото относится к числу наиболее редких элементов земной коры, его кларк составляет 0,0000001% (по А.П.Виноградову).

Формы нахождения золота разнообразны: самородное, теллуриды золота, ферри-формы, сульфиды, металлоорганические, сорбируемые, воднорастворимые.

В рудах золото присутствует главным образом в самородном виде. Оно обычно содержится в кварце и сульфидах (арсенопирите, пирите, халькопирите, блеклых рудах, галените и других минералах), часто в рассеянном тонкодисперсном состоянии. Самородное золото не бывает химически чистым и представляет твердый расплав преимущественно с серебром, реже с медью, палладием, висмутом и др., в связи с чем применяется понятие «проба золота», т.е. число массовых частей химически чистого золота в 1000 частях самородного золота или сплава.

Выделяют следующие разновидности самородного золота: медистое золото (купроаурит), в котором содержание меди доходит до 20%; палладистое золото (порпецит) с содержанием палладия от 5 до 11% и серебра до 4%; висмутистое золото (бисмутаурит) с содержанием висмута до 4%; электрум с содержанием серебра выше 25%; встречается также кюстелит, содержащий от 10 до 25% золота и 90 - 75% серебра.

Для самородного золота в рудах характерны многообразие форм выделений: крючковатые, проволочные, прожилковые, губчатые, дендритовые. К числу редких находок относятся кристаллы золота, имеющие форму куба, октаэдра или пентагондодекаэдра. Величина отдельных частиц золота колеблется от пылевидных до крупных самородков. Наиболее обычные их размеры от микрометров до первых миллиметров.

1.3. По условиям образования месторождения золота разделяются на эндогенные, экзогенные, метаморфизованные и техногенные.

1.3.1. Эндогенные месторождения широко распространены и являются основным источником добычи золота.

1.3.1.1. По минеральному составу руд эндогенные месторождения золота объединяются в следующие основные формации.

Золото-кварцевая и золото-сульфидно-кварцевая формации. Золото в рудах в основном свободное в кварце, частично - в сульфидах и характеризуется неравномерным распределением. В зависимости от состава сульфидов в этих формациях выделяются различные минеральные типы. Месторождения представлены жилами, жильными зонами и штокверками, сформировавшимися в условиях средних глубин в осадочных, вулканических, интрузивных и реже метаморфических породах.

Золото-сульфидная формация. В составе руд главную роль играют пирит, халькопирит, арсенопирит, пирротин, сфалерит и галенит в переменных количествах. Золото тесно связано с сульфидами. Месторождения этой формации представлены зонами вкрапленности золотоносных сульфидов в осадочных и эффузивно-осадочных толщах. Нередко они тяготеют к существенно углистым или графитистым сланцам.

Золото-карбонат-сульфидная формация объединяет месторождения типа залежей, жил, гнездового или вкрапленного оруденения в карбонатных толщах и образующихся по ним метасоматитах.

Золото-силикатная (скарновая) формация. Месторождения представлены скарновыми залежами с наложенной сульфидной и золотой минерализацией и связаны с контактовыми ореолами палеозойских, реже мезозойских гранитоидных массивов.

Золото-халцедоново-кварцевая (золото-серебряная) формация характеризуется высокой серебристостью золота и обилием собственно серебряных минералов (сульфидов, сульфосолей); для некоторых из них характерны теллуриды. Золото-серебряные месторождения - жилы, минерализованные и жильные зоны, штокверки - формируются, как правило, в близповерхностных условиях в связи с наземным вулканизмом.

В соответствии с количеством сульфидов, присутствующих в рудах, эндогенные месторождения разделяют на убого-сульфидные (до 2%), малосульфидные (до 5%), умеренно-сульфидные (5-20%) и существенно сульфидные (более 20%).

Помимо перечисленных рудных формаций, представляющих собственно золоторудные месторождения, золото является важным полезным компонентом многих эндогенных комплексных месторождений - главным образом меднопорфировых, медноколчеданных, колчеданно-полиметаллических, медно-никелевых и др.

1.3.1.2. По морфологическим особенностям, условиям залегания и внутреннему строению рудных тел, а также характеру распределения золота эндогенные золоторудные месторождения подразделяются на следующие основные промышленные типы: штокверки, минерализованные и жильные зоны, жилы, залежи сплошных и вкрапленных руд, трубообразные и неправильной формы залежи и гнезда.

Штокверки, образованные большим количеством различно ориентированных, невыдержанных по форме и неравномерно распределенных маломощных кварцевых жил и тонких прожилков, а также вкрапленной сульфидной минерализацией, как правило, имеют весьма значительные размеры по площади и на глубину. Эти месторождения локализуются в метаморфизованных песчано-сланцевых (углистых) толщах, реже в изверженных породах среднего

состава и гранитоидах или субвулканических породах кислого ряда. К зонам разломов в пределах штокверков часто приурочены крупные, но весьма невыдержанные по мощности жилы сложной формы. Участки с промышленными рудами в штокверковых месторождениях не имеют четких геологических границ и выявляются по данным опробования.

Минерализованные и жильные зоны представляют собой участки тектонически нарушенных и гидротермально измененных терригенно-осадочных и вулканогенно-осадочных пород или совокупность сближенных субпараллельных кварцевых жил, прожилков уплощенных линз, локализующихся в кристаллических породах, эффузивных и субвулканических образованиях умеренно-кислого состава, а также в терригенно-осадочных толщах. Для них характерны линейно-вытянутые формы, значительные мощности (от 5 - 10 до 50 мм и более) и отсутствие четких геологических границ рудных тел; их контуры, как правило, определяются по данным опробования. Руды прожилково-вкрапленные, относятся к золото-сульфидно-кварцевой и золото-кварцевой формациям.

Жильные месторождения могут быть представлены одной жилой большой протяженности или несколькими разобщенными между собой жилами, или системой относительно коротких жил. Во всех случаях каждая жила является самостоятельным рудным телом. Наиболее многочисленны жильные месторождения золото-кварцевой формации, залегающие среди песчаниково-сланцевых флишеидных толщ; длина рудных тел в них от десятков до первых сотен метров - нескольких километров.

Месторождения жильного типа, приуроченные к интрузивным массивам, обычно представлены жилами значительной протяженности как по простиранию (до одного километра и более), так и падению. Рудные тела имеют золото-кварцевый или золото-кварцево-сульфидный состав.

Жильные месторождения, развитые среди молодых эффузивов и субвулканических образований в основном кислого и среднего состава, принадлежат к золото-халцедоново-кварцевой формации и относятся к близповерхностному типу. Протяженность рудных тел достигает сотен метров.

По составу руд жильные месторождения часто бывают комплексными: золото-медными, золото-сурьмяными, золото-полиметаллическими.

Залежи (линзовидные, жиллообразные, пластообразные и сложной формы) могут быть образованы золотосодержащими пирит-халькопиритовыми, пирит-пирротиновыми, полиметаллическими, баритовыми, магнетитовыми сплошными и вкрапленными рудами, кроме того, залежи могут быть представлены вторичными кварцита-

ми, кварцево-слюдистыми, кварцево-марганцовистыми и другими породами с вкрапленным или прожилково-вкрапленным оруденением. Эти руды являются комплексными.

Трубообразные и неправильной формы залежи и гнезда скарновых месторождений имеют ограниченное распространение. Залежи окисленных руд золото-сульфидно-кварцевой формации в карманообразных и линейно-вытянутых карстовых впадинах в карбонатных толщах образуют месторождения весьма сложного строения.

Самостоятельным морфологическим типом золоторудных месторождений являются оруденелые дайки. Оруденение в них приурочено либо к системе кварцевых или кварцево-сульфидных прожилков, выполняющих поперечные трещины, либо к тонким кварцевым жилам и прожилкам, совпадающим с продольной трещиноватостью даек. Золото концентрируется в основном непосредственно в кварцевых жилах и прожилках при низком содержании его в породах самих даек.

Характеристика основных морфологических типов эндогенных золоторудных месторождений России приведена в таблице 1.

1.3.2. К экзогенным месторождениям относятся обогащенные золотом "железные шляпы" сульфидных месторождений и коры выветривания минерализованных зон, а также золотоносные россыпи.*

"Железные шляпы" представляют собой верхнюю окисленную часть сульфидных залежей (серноколчеданных, медноколчеданных и полиметаллических), где золото, как химически устойчивый минерал, накапливается вместе с гидроксидами железа, карбонатами свинца, вторичными серебряными минералами. Наиболее высокие содержания золота приурочены к нижним горизонтам "железных шляп", сложенных баритовыми, кварцевыми и пиритными сыпучками.

Коры выветривания имеют значительные размеры. Развиваются на площадях выхода на поверхность золотоносных минерализованных зон, первичные руды которых бедны золотом. Они имеют значительные размеры рудных тел по площади и распространяются до глубин в 300-400 м. Месторождения локализуются в терригенных или вулканогенно-осадочных толщах. В корах выветривания руды полностью дезинтегрированы, золото находится в свободном виде, содержание его в 1,5 - 2 раза выше, чем в первичных рудах

1.3.3. К метаморфизованным месторождениям в настоящее время относят золотоносные конгломераты и песчаники Витва-

* Требования к изучению золотоносных россыпей регламентируются «Методическим руководством по применению классификации запасов к россыпным месторождениям полезных ископаемых».

Характеристика основных морфологических типов золоторудных месторождений России
(Б.И.Беневольский, 1995)

| Геотектоническая обстановка | Генетическая группа | Рудная формация | Главные второстепенные компоненты | Содержание главных рудных компонентов | Морфология и параметры рудных тел | Способ отработки, производительность | Технологический тип руды | Масштаб по запасам главных рудных компонентов |
|---------------------------------------|---------------------|--|-----------------------------------|---|--|---|--------------------------------|--|
| Эв- и мيوгеосинклинали, вулканогенные | Плутоногенные | Золотокварцевая, золото-кварц-сульфидная, золотосеребряная (золото-адуляр-кварцевая) | Au, Ag, Pb, Zn, Te, Sb, Bi и др. | Au - 10-30-40 г/т Ag - 20 : 100 г/т As/Ag = 10/1 : 1/20 | I. Жильный Секущие, субгоризонтальные, трубчатые, лобовые, небольшие мощности в среднем 1 м (0,5-5,0м), реже мощностью до 10-15 м | В основном подземный, производительность 50-600 тыс.т руды, 0,5-3,0 т золота | Лектоботатимий и промежуточные | Небольшие, мелкие, средние, крупные, от 5 до 100 т (редко более); золото, серебро полупное |
| | | | | | | | | |
| Многоосинклинали, вулканогенные | Плутоногенные | Золотосульфидная, золотосеребряная (золото-адуляр-кварцевая) | Au, Ag, Pb, Zn, Си, Sb, и др. | Au - 3 : 10 г/т Ag - 20 : 200-400 г/т Au/Ag= 5/1 : 1/20 и более | II. Протяженные, линейные кругло- и логзалегающие значительной мощности, в среднем 10-30 м, выдержаны на глубину | Открытый, подземный, комбинированный с подземным (по более жестким кондициям), производительность 600-3000 тыс.т руды, 5-6 т золота | Промежуточные и юрпийные | Средние и крупные; от 100 до 1000т золота и до 40-50 тыс.т серебра |
| | | | | | | | | |
| Эв- и мيوгеосинклинали, вулканогенные | Плутоногенные | Золотокварцевая, золото-кварц-сульфидная | Au, Pb, Zn, Bi и др. | Au - 2-3 : 5 г/т | Штокверки разных размеров, мощностью до 100м и более, значительной площади, изометричной формы, параметры устойчивые | В основном открытый до глубины 500-600 м, ниже возможен подземный (по более жестким кондициям), комбинированный, производительность 1-2+15-20 млн.т руды, 5-50 т золота | Лектоботатимий и промежуточные | Средние, крупные и очень крупные; от 50 до 1000 до 1500 т и более |

терсранда в ЮАР, являющегося крупнейшим месторождением золота в мире.

1.3.4. К техногенным месторождениям относятся спецотвалы забалансовых руд, добытых в результате разработки золоторудных месторождений, золотосодержащие отходы (хвосты, шламы), образовавшиеся в процессе обогащения руд или переработки золотосодержащих концентратов (огарки, кеки, золы) комплексных месторождений черных, цветных, благородных и др. металлов. Особенности строения этих месторождений и состава золотосодержащего материала, сформировавшегося под влиянием техногенного и последующего гипергенного воздействия, требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в "Методическом руководстве по изучению и эколого-экономической оценке техногенных месторождений" (ГКЗ, 1994) и в настоящем «Методическом руководстве» не рассматриваются.

1.4. Степень изученности золоторудных месторождений, вовлекаемых в промышленное освоение (разработку) должна соответствовать требованиям «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых» (ГКЗ, 1997).

К разведанным относятся месторождения, запасы которых, их качество, технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические условия разработки изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего предприятия.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

- обеспечивается возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;

- вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования или захоронения;

- запасы других совместно залегающих полезных ископаемых, включая породы вскрыши и подземные воды, с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения

их количества и возможных направлений использования;

- гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранного законодательства и безопасности горных работ;

- достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии тел полезного ископаемого, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяется недропользователями в каждом конкретном случае в зависимости от геологических особенностей полезного ископаемого;

- подсчетные параметры кондиций установлены на основании технико-экономических расчетов, позволяющих определить масштабы и промышленную значимость месторождения с необходимой степенью достоверности;

- рассмотрено возможное влияние отработки запасов месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий.

1.5. Рациональное соотношение запасов различных категорий, возможность полного или частичного использования запасов категории С₂ при проектировании отработки месторождения определяются в каждом отдельном случае недропользователем. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, крупность и характер распределения в них золота, возможности горных, буровых и геофизических средств разведки, условия и сроки строительства предприятия, степень риска капитальных вложений, а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

В случае, если полученных в процессе разведки месторождений данных окажется недостаточно для объективной оценки запасов, их качества и экономической значимости месторождения, ГКЗ и ТКЗ могут потребовать проведения на объекте дополнительных работ, в т.ч. опытно-промышленной отработки, и представления недостающих данных на экспертизу.

2. Группировка месторождений по сложности геологического строения

2.1. Необходимая и достаточная степень детальности изучения золоторудных месторождений в процессе разведки определяется в зависимости от сложности их геологического строения.

По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения золота золоторудные месторождения, как свидетельствует практика, соответствуют 2, 3 и 4-й группам сложности, установленным «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых».

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные крупными минерализованными и жильными зонами (протяженностью более 1 км, мощностью 5 - 10 м и более) или штокверками (площадью более 1 км²); значительными по размерам залежами (1 - 3 км по простиранию, первые сотни метров по падению, с устойчивыми мощностями от первых метров и более), протяженными (более 1 км) жилами значительной (до 3 - 4 м) мощности. Рудная минерализация распределена неравномерно. К ним относятся:

- месторождения типа минерализованных зон с мощностями рудных тел от 5 - 10 до десятков метров (Сухой Лог, Нежданинское, Восточный участок Олимпиадинского, Майское, Хаканджинское, Бакырчик в Казахстане);

- месторождения типа штокверков с площадью около 1 км² (Мурнтау в Узбекистане, центральная часть месторождения Кумтор в Киргизии, Джилау в Таджикистане);

- месторождения типа залежей с рудными телами мощностью 3 - 5 и более метров (окисленные руды Восточного участка Олимпиадинского месторождения, крупные залежи Кокпатасского месторождения в Узбекистане);

- месторождения типа жил с выдержанными мощностями более 1 метра (Акбакайское в Казахстане).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения, представленные средними (протяженностью от сотен до тысячи метров) и крупными минерализованными и жильными зонами, залежами (первые сотни метров по простиранию и падению, мощностью 1 - 2 м), жилами (изменчивой мощности от нескольких сантиметров до 3 м) сложного строения. Распределение оруденения весьма неравномерное, нередко прерывистое. К ним относятся:

- месторождения типа минерализованных зон с рудными телами мощностью 3 - 5 и более метров (Зун-Холбинское в России, Кызилалма в Узбекистане, Кизилбулагское в Азербайджане, Чоре в Таджикистане, Личквас-Тейское в Армении, Макмал в Киргизии);

- месторождения типа жильных зон с рудными телами мощностью до 1 - 2 и более метров (Кубакинское, Покровское, Эльдорадо, Советское, Многовершинное);

- месторождения типа залежей с рудными телами мощностью 1 - 2 и более метров (Куранахское, Светлинское, Лебединое, Даугызтау в Узбекистане);

- месторождения жильного типа с протяженными (до 1 км и более) жилами мощностью первые десятки сантиметров (Дарасунское), а также короткие жилы (до первых сотен метров) с изменчивой мощностью - от нескольких сантиметров до 2 - 3 метров (Агинское, Карамкенское, Каральвеевское, Шаумянское в Армении);

- месторождения типа рудных столбов (Джеруй в Киргизии) и типа оруденелых даек (Березовское).

К 4-й группе относятся месторождения весьма сложного геологического строения. К ним относятся мелкие по размерам (протяженностью первые десятки метров) единичные или сближенные очень маломощные (до 0,3 - 0,4 м) жилы, линзы; небольшие (протяженностью до 100 м) жилы, линзы, минерализованные зоны, залежи с резко изменчивой мощностью или интенсивно нарушенным залеганием и тела с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений (месторождение Коммунарское, участок Токберды месторождения Кочбулак в Узбекистане).

2.2. Принадлежность месторождения к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70% балансовых запасов месторождения.

2.3. При отнесении месторождения к той или иной группе могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (прил. 1).

3. Изучение геологического строения и вещественного состава руд месторождений

3.1. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы их размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на золоторудных месторождениях обычно составляются в масштабах 1:1000 - 1:5000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабе 1:200, сводные планы в масштабе не мельче 1:1000. Для скважин следует вычислить координаты точек

пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построить продолжения их стволов на плоскостях планов и разрезов.

3.2. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000 - 1:5000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях - на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, распределении золота в них, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков*.

3.3. Выходы на поверхность и приповерхностные части золоторудных тел и минерализованных зон следует изучать канавами, шурфами, шурфами с рассечками, траншеями (расчистками), пройденными по простиранию рудных тел, и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробовать с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, вторичного сульфидного обогащения и степень ее обогащения золотом, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и провести подсчет запасов первичных, смешанных и окисленных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

3.4. Разведка золоторудных месторождений на глубину осуществляется горными выработками и скважинами с использованием геофизических методов исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки - соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования определяются исходя из геологических особенностей месторождения с уче-

* По району месторождения и рудному полю рекомендуется иметь геологическую карту, карту золотоносности в масштабе 1:25000 - 1:50000 (иногда 1:10000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, золоторудных месторождений и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы золота. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

том возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

3.4.1. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, характера распределения в них золота, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Сплошность рудных тел и характер изменчивости их мощностей и содержаний золота по простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках по маломощным рудным телам жильного типа непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам типа минерализованных зон и штокверков - сгущением сети ортов, квершлагов, подземных горизонтальных скважин.

Горные выработки целесообразно проходить на участках детализации, а также на участках и горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

3.4.2. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимально возможный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна по рудному телу должен быть не менее 70% по каждому рейсу бурения. Достоверность линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами (весовым, объемным).

Представительность керна для определения содержаний золота и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из по-

ставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно производить искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки бурением рекомендуется применять многозабойные скважины и веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

3.4.3. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности, внутреннего строения, крупности и характера распределения золота; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 2 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся в отечественной практике при разведке золоторудных месторождений, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

3.4.4. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3 и 4-й группы - категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных вырабо-

Сведения о плотности сети разведочных выработок, применявшихся при разведке золоторудных месторождений России и других стран СНГ

| Группа месторождения | Характеристика рудных тел | Форма рудных тел | Вид выработок | Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) | | | | |
|----------------------|---|------------------------------------|----------------------------------|---|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------|
| | | | | В | | С ₁ * | | |
| | | | | по простиранию | по падению | по падению | | |
| 2-я | Крупные минерализованные и жильные зоны, штокерки, значительные по размерам залежи, протяженные жилы | Жилы | Штреки | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание 80 - 120 ** | | |
| | | | Восстающие | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | | |
| | | Минерализованные и жильные зоны | Рассеки | 10 - 20 | - | 20 - 40 | 40 - 60 | 40 - 60 |
| | | | Скважины | - | - | 40 - 80 | - | 80 - 120 ** |
| | | | Штреки | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание 120*** | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание |
| | | | Восстающие | Непрерывное прослеживание 20 - 30 | Непрерывное прослеживание | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание |
| | | Штокерки | Рассеки, горизонтальные скважины | 20 - 30 | - | 40 - 60 | - | - |
| | | | Скважины | 40 - 50 **** | - | 60 - 80 | 100 **** | 40 - 60 |
| | | | Скважины | Непрерывное прослеживание 20 - 40 | 40 - 50 **** | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание 40 - 80 | 50 **** |
| | | | Штреки | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание |
| Залежи | Квершлаг, горизонтальные скважины | - | - | 60 - 80 | - | 40 - 60 | | |
| | Скважины | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание 120 | Непрерывное прослеживание | 40 - 60 | | |
| | Штреки | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | | |
| | Восстающие | 10 - 20 | Непрерывное прослеживание | 20 - 40 | Непрерывное прослеживание | Непрерывное прослеживание | | |
| 3-я | Средние и крупные сложные построенные минерализованные и жильные зоны, залежи, жилы сложного строения | Жилы | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание | | |
| | | | Рассеки, горизонтальные скважины | - | - | 10 - 20 | 40 - 60 | Непрерывное прослеживание |
| 4 ***** | Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения | Залежи | Скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Штреки | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 20 - 30 | | |
| 4 ***** | Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения | Залежи | Рассеки, горизонтальные скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание 10 - 20 | | |
| 4 ***** | Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения | Залежи | Орты, горизонтальные скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание 10 - 20 | | |
| 4 ***** | Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения | Залежи | Орты, горизонтальные скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание 10 - 20 | | |
| 4 ***** | Небольшие и мелкие рудные тела с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением оруденения | Залежи | Орты, горизонтальные скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Скважины | - | - | 40 - 60 | | |
| | | | Штреки | - | - | Непрерывное прослеживание 80 - 120 | | |
| | | | Восстающие | - | - | Непрерывное прослеживание 10 - 20 | | |

* При определении максимальной допустимой глубины разведки скважинами запасов категории С₁ ниже последнего горного горизонта следует учитывать рекомендации методического руководства ЦНИГРИ "Методика разведки золоторудных месторождений (1991)

** При разведке промежуточных горизонтов скважинами.

*** Проходка восстающих может быть заменена бурением веером скважин.

**** Для месторождений типа крупных минерализованных зон.

***** Для месторождений 4-й группы использованы данные о плотности разведочной сети для небольших рудных тел, характеризующихся исключительно сложным строением и прерывистым распределением полезного компонента.

ток на участках детализации целесообразно сгущать, как правило не менее, чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. По возможности они располагаются в контуре запасов, подлежащих первоочередной отработке. В тех случаях, когда участки, намеченные к первоочередной отработке, не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, оценке достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождений в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются данные эксплуатационной разведки и разработки.

На месторождениях с прерывистым оруденением, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудности, на основании определения пространственного положения типичных форм и размеров участков кондиционных руд должна быть оценена возможность их селективной выемки.

3.5. Все разведочные выработки и выходы рудных тел или зон на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Результаты проверок оформляются актами.

3.6. Для изучения качества полезного ископаемого, оконтуривания рудных тел и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы.

3.6.1. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения. Принятые на месторождении метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологический, геофизический) и способов (керновый, бороздовый, задииковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений" (ГКЗ, 1993) и "Требованиями к геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья" (ГКЗ, 1985).

3.6.2. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих условий:

- горные выработки, намечаемые для вскрытия и пересечения мощных рудных тел (орты, квершлаг), следует ориентировать перпендикулярно направлению максимальной изменчивости оруденения. Выработки, намечаемые для прослеживания маломощных рудных тел (штреки, восстающие), полностью вскрываемых их забоями – вдоль этого направления, для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°;

- сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

- опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических

границ - во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами - по разреженной сети выработок; в канавах, шурфах, траншеях, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;

- природные разновидности руд и минерализованных пород в залежах рудных тел должны опробоваться отдельно - секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах - также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна проба, обрабатываются и анализируются отдельно.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела - в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках не должны превышать 1 - 4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

Данные опробования штреков и восстающих, не вскрывающих рудные тела на всю мощность, не могут быть использованы при подсчете запасов. Возможность использования данных опробования восстающих, вскрывающих рудные тела на полную мощность, должна быть в каждом случае обоснована исходя из особенностей распределения обогащенных золотом участков (рудных столбов).

3.6.3. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10 - 20\%$ с учетом изменчивости плотности руд). Точность бороздового опробования следует контролировать отбором сопряженных борозд того же сечения, керна опробования - отбором проб из вторых половинок керна. В

случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило, валовым (задириковым) в соответствии с "Требованиями к обоснованию достоверности опробования рудных месторождений" (ГКЗ, 1993) и существующими методическими рекомендациями. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения плотности в целиках, и результаты отработки. Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости и для введения поправочных коэффициентов.

3.7. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения, с учетом характера распределения золота, крупности и формы его зерен. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента «К» и соблюдения схемы обработки.

При обработке проб необходимо учитывать возможность гравитационного осаждения золота в истертом материале, а также его попадания в ловушки на необработанных поверхностях, поэтому необходимо регулярно контролировать чистоту истирающих поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам, включающим проведение экспериментальных работ по определению минимальных массы и количества отбираемых на анализ навесок.

3.8. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление содержания золота и его пробности, а также попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, пробирными, спектральными, физическими, геофизическими и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

В практике зарубежных золоторудных компаний для обоснования материалов подсчета запасов и при разработке инвестиционных программ («банковского» ТЭО) наиболее надежными и предпочтительными считаются результаты пробирного анализа.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" (ГКЗ, 1982).

Все рядовые пробы анализируются на золото и серебро, а в комплексных рудах также и на компоненты (медь, цинк, свинец, сера, висмут и др.), содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности. Другие полезные компоненты (в том числе кремнезем - для кислых флюсов) и вредные примеси (мышьяк, углерод, глинозем, сурьма и др.) определяются обычно по групповым пробам. Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выявления степени окисления первичных руд и установления границы зоны окисления должны выполняться фазовые анализы.

3.9. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ. Геологический контроль анализов следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

3.9.1. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализов зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы.

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

3.9.2. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки. При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов по содержаниям золота. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5% от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

3.9.3. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (полугодие, год) отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического контроля, не должна превышать значений, указанных в табл.3. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются, и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

Таблица 3

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов (%) по классам содержаний

| Классы содержаний *, г/т | Для руд с золотом до 0,1 мм | Для руд с золотом до 0,6 мм | Для руд с крупным, часто видимым золотом |
|--------------------------|-----------------------------|-----------------------------|--|
| > 128 | 4,0 | 7,5 | 10 |
| 64 - 128 | 4,5 | 8,5 | 12 |
| 16 - 64 | 10 | 13 | 18 |
| 4 - 16 | 18 | 25 | 25 |
| 1 - 4 | 25 | 30 | 30 |
| 0,5 - 1 | 30 | 30 | 30 |
| < 0,5 | 30 | 30 | 30 |

* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.

3.9.4. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль в лалaborатории, имеющей соответствующий статус. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки анали-

тических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30 - 40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10 - 15 результатов контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

3.10. По результатам выполненного контроля опробования - отбора, обработки проб и анализов - должна быть оценена возможная погрешность выделения рудных интервалов и определения их параметров.

3.11. В практике некоторых зарубежных компаний, занимающихся разведкой и разработкой золоторудных месторождений, используется более простая, но достаточно эффективная, процедура контроля за качеством отбора, подготовки и анализа проб, основанная на систематическом включении в каждую партию из двадцати поступающих в лабораторию рядовых проб по одной пустой, дубликатной и эталонной пробе, формируемых в следующем порядке.

Пустые пробы отбираются из подготовленной в начальной стадии разведки месторождения гомогенизированной валовой пробы массой не менее 20кг близкой по составу к золотовмещающим породам месторождения. Материалом для валовой пробы служит безрудный керн или породы соответствующего обнажения. Отсутствие значимых количеств золота в валовой пробе подтверждается многочисленными анализами не менее чем в двух различных лабораториях. Пустая проба включается в начало потока подготовки проб и имеет номер последовательный с другими пробами.

Дубликатные пробы выбираются в полевых условиях произвольно. При опробовании бурового шлама они готовятся путем его деления. При опробовании керна деление производится после первой стадии дробления.

Эталонные пробы, содержание золота в которых известно с приемлемым уровнем точности, должны быть, насколько это возможно, близки к литологическому и минеральному составу вмещающих пород и рудной минерализации месторождения. Концентрация золота

в эталонных пробах должна соответствовать трем основным, выделяемым на месторождении, классам близким к экономически обоснованным величинам содержаний - бортового, среднего и высокого. Эталонные пробы отбираются из заранее подготовленных валовых проб массой не менее 20кг, составленных из крупнозернистого материала, остающегося от ранее проанализированных проб керна или бурового шлама. Истертый и гомогенизированный материал валовых проб, должен быть проанализирован по меньшей мере в пяти независимых лабораториях. Эталонные пробы имеют номера, последовательные с рядовыми пробами, и не должны быть известны для лиц, проводящих анализы.

Использование пустых, дубликатных и эталонных проб обеспечивает регулярный и достаточно эффективный контроль за качеством подготовки рядовых проб (возможное заражение) и проведения анализов (выявление систематических и установление величины случайных погрешностей) в течении всего срока разведки в основном силами собственной лаборатории.

3.12. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным Научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание должно быть уделено изучению золота, золотосодержащих рудных и жильных минералов, взаимоотношений их между собой и с другими минералами. Подлежат определению формы нахождения золота, размеры выделений, распределение их по классам крупности, химический состав, пробность, характер и состояние поверхности частиц золота, наличие сростков, их размеры и виды сростаний.

В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

3.13. При определении объемной массы и влажности руд и внутрирудных некондиционных прослоев следует руководствоваться «Требованиями к определению объемной массы и влажности руды для подсчета запасов рудных месторождений» (ГКЗ, 1993).

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам и контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса

рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

3.14. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, требующие селективной добычи и отдельной переработки.

Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

4. Изучение технологических свойств руд

4.1. Технологические свойства руд месторождений золота отличаются большим разнообразием. Наибольшее значение имеют следующие признаки, определяющие технологию переработки золото-содержащего минерального сырья:

- характеристика содержащегося в руде золота (крупность, форма нахождения, характер ассоциации с рудными и нерудными минералами, состояние поверхности частиц);
- комплексность руд, т.е. содержание в руде наряду с золотом других полезных компонентов, имеющих промышленное значение;
- степень окисленности руд, т.е. процентное соотношение окисленных и сульфидных минералов;
- наличие в руде компонентов, существенно осложняющих технологию переработки.

4.1.1. По крупности частиц золото классифицируется на крупное (более 0,07мм), мелкое (от 0,001 до 0,07мм) и тонкодисперсное (мельче 0,001мм).

Крупное золото обычно легко высвобождается при измельчении и извлекается гравитационными методами, но плохо флотируется и медленно растворяется при цианировании. Мелкое золото (свободное и в сростках с сульфидами) хорошо флотируется, а также быстро растворяется при цианировании, но лишь частично извлекается гравитацией. Тонкодисперсное золото плохо вскрывается при измельчении руд и извлекается в гравитационные и флотационные концентраты совместно с минералами-носителями (сульфидами).

Из сульфидов его извлекают пирометаллургией или цианированием после окислительного обжига. Если золото ассоциирует с гидроксидами железа и другими гипергенными минералами, оно может быть извлечено цианированием. Из кварца тонкодисперсное золото может извлекаться только при плавке.

4.1.2. Золотосодержащие руды в некоторых случаях кроме золота содержат другие полезные компоненты, которые могут представлять промышленный интерес. К таким компонентам относятся: серебро, медь, сурьма, свинец, цинк, вольфрам, уран, ртуть, висмут, таллий, селен, теллур, кремнезем, сера (в сульфидной форме), барит, флюорит и др. Соответственно выделяют золото-пиритные, золото-мышьяковые, золото-серебряные, золото-медные, золото-сурьмяные, золото-урановые, золото-баритовые, золото-полиметаллические и золото-кварцевые руды. Золото-кварцевые руды, содержащие больше 60% кремнезема, меньше 13% глинозема, 0,8% мышьяка и 0,3% сурьмы, могут использоваться в качестве флюса на металлургических заводах.

4.1.3. По степени окисления сульфидов руды подразделяют на первичные (сульфидные), частично окисленные (смешанные) и окисленные. К частично окисленным относятся руды, содержащие не более 30% окисленных минералов, к окисленным - свыше 30% окисленных минералов.

4.1.4. При оценке вредных примесей в рудах в первую очередь учитываются те из них, которые могут оказать отрицательное влияние на процесс цианирования - основной процесс извлечения золота. К вредным примесям относятся:

- некоторые минералы меди (оксиды, карбонаты, вторичные сульфиды, сульфаты), сурьмы (антимонит), железа (пирротин), мышьяка (реальгар, аурипигмент), в присутствии которых резко снижается скорость растворения золота и увеличивается расход цианида;
- отдельные разновидности углеродистого вещества, характеризующиеся повышенной сорбционной активностью;
- шламообразующие минералы (слюдисто-глинистые), осложняющие процесс обезвоживания цианистой пульпы и отмывку растворенного золота. Наличие этих минералов вызывает значительные затруднения при транспортировке и бункеровании, а также при гравитационно-флотационном обогащении руд;
- минералы мышьяка (арсенипирит, мышьяковые сульфосоли и др.), которые затрудняют пирометаллургическую переработку золото-содержащих концентратов и вызывают необходимость проведения специальных дорогостоящих мероприятий для охраны окружающей среды.

4.2. Основными технологическими схемами переработки минерального сырья золоторудных месторождений в большинстве случаев является комбинация процессов обогащения и пирометаллургии, включающих в себя рудосортировку, дробление, измельчение, обесшламливание, гравитационное и флотационное (коллективное или селективное) обогащение, амальгамацию, цианирование (по фильтрационной или сорбционной технологии) или пирометаллургическую переработку (обжиг, плавку) руд и концентратов. Заключительным процессом является аффинаж золота.

Новыми технологическими процессами являются: радиометрическая сортировка, пенная сепарация, кучное выщелачивание, биовыщелачивание, хлоридовозгонка и др., а также геотехнологические способы добычи золота (шахтные и скважинные системы выщелачивания).

4.2.1. Наиболее широкое применение в практике золотодобывающих компаний получили процессы, основанные на цианидном выщелачивании золота. При этом, наряду с использованием традиционных методов цианидного выщелачивания руд с последующим осаждением золота из раствора на цинк, в конце семидесятых – начале восьмидесятых годов большое распространение получили новые более экономичные технологии, основанные на использовании процессов кучного выщелачивания (КВ). Процесс дешев и гибок, будучи удобным как для малообъемных (до 200т в день) так и крупнообъемных (50000т в день) производств, и позволяет вовлекать в эксплуатацию руды с низким (до 0,5г/т) содержанием золота.

В зависимости от проницаемости руды возможны варианты ее переработки как с дроблением, так и без дробления. Золото и серебро должны находиться в свободном состоянии. «Упорные» руды и руды, содержащие компоненты, интенсивно связывающие цианид (например, окисленные сульфиды Zn, Cu, Fe As, Sb, а также органику), для кучного выщелачивания непригодны из-за неуправляемости химических процессов внутри кучи и требуют предварительной обработки (выщелачивание под давлением, бактериальное выщелачивание и обжиг в кипящем слое).

Возможность применения той или иной схемы кучного выщелачивания для конкретных объектов должно определяться на основе технологических испытаний и технико-экономического сопоставления различных вариантов. Определяющими технико-экономическими показателями эффективности КВ являются: извлечение золота; расход и стоимость реагентов; интенсивность (продолжительность) процесса.

Основным реагентом, применяемым при кучном выщелачивании в промышленном масштабе, является цианид натрия. Заменителями цианида могут служить кислые растворы тиомочевины, тиосуль-

фатных растворов, гуминовые кислоты с добавлением окислителей, композиции, составленные на основе сульфатно-хлоритовых растворов с добавками хлористого натрия и др.

Важной характеристикой руды при КВ является ее приемлемая проницаемость в штабеле. Присутствие в руде шлама крупностью – 50мкм приводит к уплотнению материала внутри штабеля, вызывает образование каналов, создающих неблагоприятные условия для циркуляции раствора. При этом увеличивается продолжительность цикла выщелачивания и снижается извлечение металла. В связи с этим, при технологических исследованиях глинистых золотосодержащих руд и руд с высоким выходом шлама при их дроблении необходимо установить оптимальные условия окомкования для получения агрегатов, обладающих необходимой прочностью и пористостью.

Технологические исследования по кучному выщелачиванию рекомендуется завершать опытно-промышленными испытаниями в реальных условиях месторождения, т.к. в лабораторных условиях невозможно учесть все факторы, влияющие на эффективность данной технологии (температуры окружающей среды, высоты и порядка формирования штабеля и др.). При опытно-промышленной отработке оптимальных режимов и параметров всех операций технологической схемы особое внимание должно быть уделено вопросам экологии и практической оценке надежности комплекса гидротехнических сооружений в условиях возможной фильтрации цианистых растворов при возникновении критических ситуаций.

В качестве примера, в прил.2 приведена обобщенная технологическая схема КВ, реализованная на ряде горнодобывающих предприятий США и апробируемая на опытно-промышленных площадках в России.

4.2.2. Более 70% мирового производства золота в настоящее время осуществляется на основе технологических процессов с использованием угольной абсорбции (процесс CIP – “уголь в пульпе” и его производные: CIL – “уголь в растворе”; CIC – “уголь в колоннах”). Методы CIP и CIL используются для прямого извлечения золота из процесс CIC – для извлечения золота из растворов (обычно при кучном выщелачивании). Процесс CIP (“уголь в пульпе”), как показывает практика, менее чувствителен, чем процессы использующие осаждение золота цинком к загрязнениям раствора серой, сурьмой, мышьяком и более устойчив (“всеяден”) по отношению к характеру перерабатываемого сырья. Он повышает извлекаемость золота по сравнению с традиционными методами и экономически выгоднее их. В Северной Америке, Австралии, ЮАР действуют комбинаты, перерабатывающие на основе данной технологии различные виды сы-

рья, начиная от низкокачественных руд до флотационных концентратов, флотационных хвостов и хвостов биологического окисления.

В странах СНГ при извлечении золота более широко и успешно практикуются ионообменные технологии (процессы "смола во взвеси" и "смола в выщелачивающем растворе"), основанные на использовании в сорбционном процессе специальных ионообменных смол, выпускаемых в виде твердых полиструированных шариков. Эти методы имеют ряд определенных преимуществ по отношению к методу СІР и предполагается, что ионообменные смолы в перспективе будут играть в добыче золота все более значительную роль.

4.2.3. Принципиально доказана возможность применения для добычи золота способа подземного выщелачивания (ПВ) на золото-содержащих отложениях коры выветривания. Наиболее благоприятными для использования метода ПВ являются неглубоко залегающие рыхлые или сильнотрециноватые дезинтегрированные отложения (ограниченные водоупорными горизонтами), водопроницаемые, частично обводненные, в которых золото находится в пригодной для выщелачивания форме.

Для установления возможности использования способа ПВ на конкретном объекте необходимо провести комплекс лабораторных и натуральных геотехнологических исследований, используя при этом основные принципы, изложенные в методических рекомендациях «Оптимальная схема геотехнологических исследований» (ВИМС, 1992). Решение о целесообразности проведения опытно-промышленного выщелачивания на рабочих ячейках, представительных по геотехнологическим свойствам отдельных типов руд или месторождению в целом, принимается в зависимости от полноты и достоверности предшествующих исследований.

По результатам исследований необходимо установить:

- форму нахождения золота и принципиальную возможность его перевода в растворенное состояние;
- коэффициенты извлечения и скорости извлечения золота из недр, а при анизотропии отложений и возможности использования на них различных геотехнологических режимов выделить технологические типы;
- кинетику роста и последующего постепенного снижения содержания золота в продуктивном растворе, остаточные содержания и остаточные его запасы в недрах в контуре опытной отработки, заверенные данными контрольных скважин;
- режим закачки выщелачивающих и откачки продуктивных растворов, показатели расхода реагентов в количественном и денежном выражении;

- технологию и показатели извлечения золота из продуктивных растворов, переработки золотосодержащих концентратов;

- возможность загрязнения территории по площади и на глубину (миграция вредных элементов в латеральном и вертикальном направлениях, утечка их из рабочей зоны с учетом фоновых значений) и технологию рекультивации геологической среды после завершения отработки.

4.3. Качество золотосодержащих концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием.

В сложившейся отечественной практике принято считать, что:

- концентрат гравитационный золотосодержащий по содержанию золота и примесей должен соответствовать нормам, указанным в табл. 4;
- концентрат флотационный золотосодержащий по содержанию золота и примесей должен соответствовать нормам, указанным в табл. 5;

Таблица 4
Нормы содержаний золота и примесей в гравитационном концентрате

| Наименование концентрата | Содержание | | | Влажность, не более, % | Крупность, не более, мм | |
|---------------------------|-----------------------|-----------------------|--------|------------------------|-------------------------|-----------|
| | золота, не менее, г/т | Примесей, не более, % | | | | |
| | | мышьяка | сурьмы | | | глинозема |
| Концентрат гравитационный | 50 | 0,7 | 0,3 | 10 | 4 | 3 |

Таблица 5
Нормы содержаний золота и примесей во флотационном концентрате

| Наименование концентрата | Содержание | | | Влажность, не более, % | |
|---|-----------------------|-----------------------|--------|------------------------|-----------|
| | золота, не менее, г/т | Примесей, не более, % | | | |
| | | мышьяка | сурьмы | | глинозема |
| Концентрат флотационный золотосодержащий | 20 | 2 | 0,3 | 10 | 6 |
| Концентрат золотосодержащий обожженный (огарок) | 30 | 1 | 0,3 | 10 | - |

Таблица 6

Классификация флюсовых руд

| Класс руды | Область применения |
|---------------|---|
| Отражательный | При отражательной плавке медьсодержащего сырья. |
| Конверторный | При бессемеровании медных штейнов и черновой меди из вторичного сырья |
| Шахтный | При шахтной плавке медьсодержащего и медносерного сырья. |

Таблица 7

Требования к химическому составу, крупности классов и сортов флюсовых руд

| Классы и сорта | Содержание, % | | | | Крупность, мм |
|----------------|-----------------------------|---------------------|-------------------|------------------|---------------|
| | кремнезема общего, не менее | глинозема, не более | мышьяка, не более | сурьмы, не более | |
| Отражательный | | | | | |
| I сорт | 70 | 8 | 0,8 | 0,3 | 0 - 10 |
| II сорт | 65 | 10 | 0,8 | 0,3 | |
| III сорт | 60 | 13 | 0,8 | 0,3 | |
| Конверторный | | | | | |
| I сорт | 70 | 8 | 0,8 | 0,3 | 10 - 50 |
| II сорт | 65 | 10 | 0,8 | 0,3 | |
| III сорт | 62 | 12 | 0,8 | 0,3 | |
| Шахтный | | | | | |
| I сорт | 90 | 6 | 0,8 | 0,3 | 50 - 120 |
| II сорт | 75 | 8 | 0,8 | 0,3 | |
| III сорт | 68 | 9 | 0,8 | 0,3 | |

• золотосодержащая кварцевая руда, применяемая в качестве флюса на медеплавильных заводах (табл. 6), должна соответствовать требованиям, указанным в табл. 7.

4.4. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогащаемых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогащаемых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и продуктов их переработки, в случае несоответствия последних техническим условиям, должны проводиться по специальным программам, согласованным с возможными потребителями.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с Временным методическим руководством "Технологическое опробование месторождений цветных металлов в процессе разведки" (1982).

Для концентратов золота, не соответствующих требованиям промышленности по предельному содержанию вредных примесей (мышьяка, сурьмы и др.), а также для весьма упорных концентратов, содержащих тонкодисперсное золото, тесно связанное с сульфидами (пиритом, арсенопиритом) и не извлекаемое прямым цианированием, следует оценить эффективность их переработки методами бактериального выщелачивания.

При проведении технологических испытаний необходимо подобрать эффективные культуры бактерий, степень измельчения концентрата (руд), определить плотность пульпы, активность ее перемешивания и аэрации, оптимальные для процесса выщелачивания рН, температуру, содержание клеток в 1мл пульпы, скорость окисления сульфидов, величину извлечения золота при последующем цианировании, расход реагентов при цианировании и обезвреживании использованных растворов.

4.5. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической, нейтронно-активационной и др.) порционной сортировки в транспортных емкостях или селекции кускового материала перед измельчением. В соответствии с "Требованиями к изучению радиометрической обогатимости минерального сырья при разведке месторождений металлических и неметаллических полезных ископаемых" (ГКЗ, 1993) должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, контрастность руды по этим признакам применительно к различным объемам рудной массы или размерам кусков, оценены показатели радиометрического обогащения (сортировки, сепарации) при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сортировки и (или) сепарации.

4.6. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляют геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных пробах изучаются технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической

схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

4.7. Крупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания.

4.8. В результате проведенных технологических исследований должны быть определены минеральный и химический состав исходной руды и продуктов обогащения, представлены данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения; технологические показатели переработки для радиометрического обогащения - выход хвостов и концентрата, извлечение и содержание в них золота, коэффициент обогащения, размеры транспортных емкостей, порций и кусков, по которым предполагается сортировка и (или) сепарация руд; для процесса цианирования - величина извлечения золота; для процессов флотации и гравитационно-флотационных - выход концентрата, его качество (содержание золота, других полезных компонентов и вредных примесей), метод переработки концентрата, извлечение золота и других полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение, расход реагентов, необходимость обезвреживания промстоков. Должен быть решен вопрос о целесообразности использования отдельных типов руд в качестве кислых флюсов в металлургическом производстве. Качество продуктов переработки должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Для попутных компонентов в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" (ГКЗ, 1982) необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить усло-

вия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья, даны рекомендации по очистке промстоков.

5. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических и других природных условий месторождения

5.1. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры; определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных компонентов и вредных примесей, оценить возможность использования этих вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы. Следует дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду.

Должна быть дана оценка возможных источников хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающих потребность будущих предприятий по добыче полезных ископаемых и переработке минерального сырья.

5.2. Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушен-

ность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания. Инженерно-геологические исследования необходимо проводить в соответствии с "Инструкцией по изучению инженерно-геологических условий месторождений твердых полезных ископаемых при их разведке" (1975).

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости горных выработок и расчету основных параметров карьера.

При наличии в районе месторождения действующих шахт или карьеров, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади следует использовать данные о степени обводненности и инженерно-геологических условиях этих шахт и карьеров.

5.3. Для месторождений, где установлена природная газонность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

5.4. Следует определить влияющие на здоровье человека факторы (пневмокониизоопасность, повышенная радиоактивность, геотермические условия и др.).

5.5. По районам новых месторождений необходимо указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

5.6. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" (ГКЗ, 1982).

5.7. Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействий намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязне-

ние поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т.д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т.д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

При проведении экологических исследований следует руководствоваться "Временными требованиями к геологическому изучению и прогнозированию воздействия разведки и разработки месторождений полезных ископаемых на окружающую среду" (ГКЗ, 1991) и "Методическими указаниями к экологическому обоснованию проектов разведочных кондиций на минеральное сырье" (ГКЗ, 1993).

5.8. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

6. Рекомендации по подсчету запасов

6.1. Подсчет и квалификация разведанных запасов золоторудных месторождений производится в соответствии с требованиями разделов 2, 4 и 5 "Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых" (М., 1997).

6.2. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;

- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);

- общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов. При невозможности геометризации и оконтуривания балансовых и забалансовых руд или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество их в подсчетном блоке определяется статистически.

6.3. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику золоторудных месторождений.

6.3.1. Запасы категории **A** подсчитываются только на разрабатываемых золоторудных месторождениях по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, отвечающие по степени разведанности требованиям Классификации к этой категории.

6.3.2. Запасы категории **B** при разведке подсчитываются только на месторождениях 2-ой группы. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории **B** должен быть проведен по горным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

На месторождениях, где объем руды определяется с использованием коэффициента рудоносности, к категории **B** могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности выше, чем средний по месторождению, установлены изменчивость рудоносности в плане и на глубину, закономерности пространственного положения, типичные формы и характерные размеры участков кондиционных руд в степени, позволяющей дать оценку возможности их селективной выемки.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории **B** подсчитываются по данным доразведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок.

6.3.3. К категории **C₁** относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть горных выработок и скважин, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на

участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На штокерковых месторождениях изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выяснение рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд.

Контуры запасов категории **C₁** определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел - геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

6.3.4. Запасы категории **C₂** подсчитываются по конкретным рудным телам, контуры которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены единичными скважинами или горными выработками, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических и геохимических работ, геолого-структурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний золота.

6.4. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневыми горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

6.5. Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранности в недрах для последующего извлечения или целесообразность попутного извлечения, складирования и сохранения для использования в будущем. При подсчете забалансовых запасов производится их подразделение в зависимости от причин отнесения запасов к забалансовым (экономических, технологических, гидрогеологических, экологических и др.).

6.6. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием золота («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости огра-

ничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

В практике разведки и подсчета запасов для выявления ураганных проб и определения их замены наиболее широко используются способы, предложенные И.Д.Коганом и П.Л.Каллистовым. Наибольшее распространение в последние годы получил способ И.Д.Когана, как наиболее простой и практически не требующий дополнительных построений и расчетов. При применении этого способа оптимальным считается, что ограничение ураганных содержаний не должно приводить к суммарному уменьшению запасов золота более, чем на 10 - 12%, а при очень крупном и весьма неравномерном его распределении - на 15 - 20%. Для снижения влияния ураганных проб на средние содержания рекомендуется в подсчетные блоки включать участки рудных тел со сравнительно однородным распределением содержаний и близкой мощностью.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня ураганных значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в т.ч. особенности изменения распределения проб по классам содержания золота по мере сгущения разведочной сети).

6.7. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

6.8. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

6.9. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с "Временными требованиями к сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых" (ГКЗ, 1986).

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а

также сведения о запасах, числящихся на Государственном балансе (в том числе - об остатке запасов, ранее утвержденных ГКЗ или ТКЗ); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды и металла в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных ГКЗ (ТКЗ) запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки могут быть использованы результаты геолого-маркшейдерского учета.

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя, утвержденные ГКЗ (ТКЗ) запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных ГКЗ (ТКЗ) подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, коэффициентов рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т.д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

6.10. В последние годы, благодаря развитию компьютерной техники, в зарубежной практике при подсчете запасов золоторудных месторождений широкое применение получил метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, линейных содержаний) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использова-

нии процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должно быть достаточным для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования - не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного - не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длины которых согласуется с уступом карьера (штюкверки, мощные минерализованные зоны) и интервалам опробования, в случаях когда отсутствует возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный - определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее $\frac{1}{4}$ средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков представляется таблица подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга; при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь перечень проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных функций-вариограмм и др.) должны представляться в форматах, доступных для экспертизы с использованием наиболее распространенных программных комплексов (например, в виде DBF-файлов с отдельным указанием способа кодирования пропущенных значений или в виде ASCII-файлов стандартного формата GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержания золота в эксплуатационных блоках, рудных телах и месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния ураганных проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию обработки месторождения. Вместе с тем, геоста-

тистические методы подсчета запасов должны быть строго контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. В любом случае, результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов.

6.11. При компьютерном подсчете запасов с использованием традиционных методов рекомендуется использовать программные комплексы, обеспечивающие возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

6.12. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с "Требованиями к комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов" (ГКЗ, 1982)

6.13. Подсчет запасов оформляется в соответствии с "Рекомендациями по содержанию, оформлению и порядку представления на государственную экспертизу материалов подсчета запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых" (ГКЗ, 1998).

Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависит в основном от нескольких природных факторов: условий залегания и структурно-геологических особенностей рудных тел (выдержанности и морфологии рудных тел, характера границ) и распределения полезного компонента (степени изменчивости качества полезного ископаемого в пределах рудных тел).

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности (K_p), показатель сложности (q) и коэффициенты вариации мощности (V_m) и содержания в рудных пересечениях (V_c).

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам (l_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения - l_o):

$$K_p = \frac{l_p}{l_o} \quad (1.1)$$

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутри контурных N_b и законтурных N_z , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \quad (1.2)$$

Коэффициенты вариации мощности и коэффициенты вариации содержания вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100\% \quad (1.3)$$

$$V_c = \frac{S_c}{C_{cp}} \cdot 100\% \quad (1.4)$$

где S_m и S_c – соответственно среднеквадратичные отклонения мощности единичных рудных пересечений и содержания в них полезного компонента от их среднеарифметических значений m_{cp} и C_{cp} .

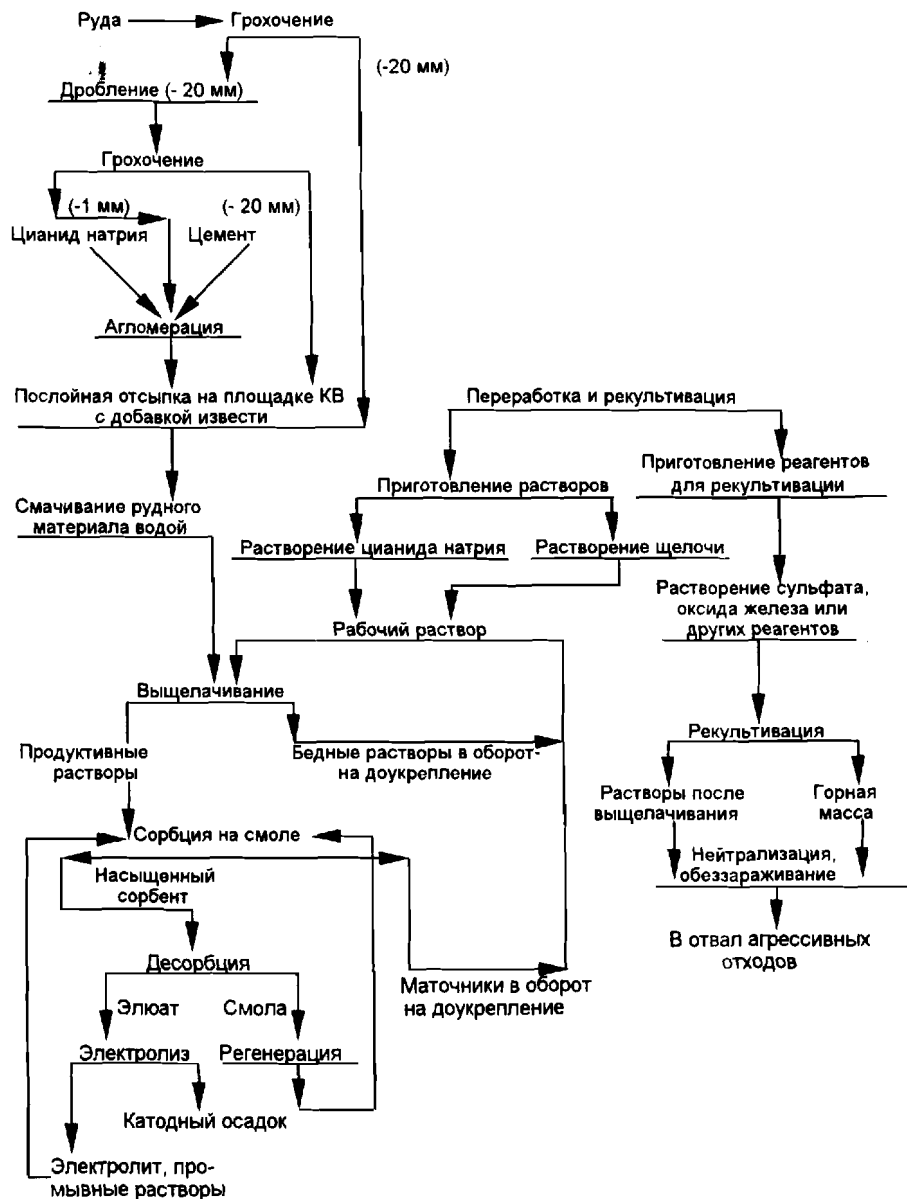
Обобщенные ориентировочные предельные значения числовых величин показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 2, 3 и 4 групп сложности приведены в таблице (А.П.Прокофьев, В.И.Бюрюков, М.Н.Денисов).

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

| Группы месторождений по сложности геологического строения | Показатели изменчивости объектов разведки | | | |
|---|---|-----------|-----------|-------------------------|
| | Изменчивость формы | | | Изменчивость содержания |
| | K_p | q | $V_m, \%$ | |
| Вторая группа сложности. | 0,7 - 0,9 | 0,6 - 0,8 | 40 - 100 | 40 - 100 |
| Третья группа сложности. | 0,4 - 0,7 | 0,4 - 0,6 | 100 - 150 | 100 - 150 |
| Четвертая группа сложности | < 0,4 | < 0,4 | > 150 | > 150 |

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания. Например, Асачинское золоторудное месторождение, характеризующееся весьма неравномерным распределением золота ($V_c = 120\%$) отнесено к 3-й группе, несмотря на показатель изменчивости формы ($V_m = 52\%$), присущий месторождениям 2-й группы сложности.

Принципиальная технологическая схема кучного выщелачивания с применением цианидных реагентов (Б.А.Пахтанов, С.И.Черных)



Оглавление

| | | |
|----|--|----|
| 1. | Общие положения | 3 |
| 2. | Группировка месторождений по сложности геологического строения | 10 |
| 3. | Изучение геологического строения и вещественного состава руд месторождений | 12 |
| 4. | Изучение технологических свойств руд | 26 |
| 5. | Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, горно-геологических и других природных условий месторождения | 35 |
| 6. | Рекомендации по подсчету запасов | 37 |
| | Приложения | 44 |

Отпечатано АО ПЦ "Эфир"
113326, Москва, ул. Пятницкая, 25