

**МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ
по применению Классификации запасов
месторождений и прогнозных ресурсов
твердых полезных ископаемых**

Ртуть

Москва, 2007

Разработаны Федеральным государственным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ ГКЗ) по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации и за счет средств федерального бюджета.

Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.

Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Ртуть.

Предназначены для работников предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере недропользования, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Применение настоящих Методических рекомендаций обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решений о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых.

I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 31, ст.3260; 2004, № 32, ст. 3347, 2005, № 52 (Зч.), ст. 5759; 2006, № 52 (Зч.), ст. 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям ртутных руд.

2. Методические рекомендации направлены на оказание практической помощи недропользователям и организациям, осуществляющим подготовку материалов по подсчету запасов полезных ископаемых и представляющих их на государственную экспертизу.

3. Р т у т ь – серебристо-белый металл, жидкий при нормальной температуре, имеющий плотность 13,54 г/см³ при 20 °С. При температуре минус 38,89 °С переходит в твердое состояние. Температура кипения ртути 357 °С, но при температуре 20 °С она обладает заметным давлением паров, равным 0,18 Па.

В настоящее время известно свыше 1000 разнообразных областей использования ртути. Основными ее потребителями являются химическая, электротехническая, радиотехническая, военная промышленность, приборостроение, а также медицина.

4. Ртуть входит в состав более 80 самостоятельных минералов, но только некоторые из них образуют промышленные скопления (табл. 1).

На большинстве месторождений в рудах резко преобладает киноварь. В зоне гипергенеза киноварь обычно устойчива. В условиях сухого жаркого климата и в зоне многолетней мерзлоты иногда наблюдается окисление киновари с образованием монтроидита, каломели и различных оксихлоридов ртути.

Таблица 1

Главнейшие минералы ртути

Минералы	Химическая формула	Содержание ртути, %
1	2	3
Киноварь	HgS	86,21
Метациннабарит	HgS	86,21
Кордероит	Hg ₃ S ₂ Cl ₂	82,6
Галхаит	HgAsS ₂	59,06
Акташит	Cu ₆ Hg ₃ As ₄ S ₁₂	34,5
Блеклые руды (шватцит)	(Cu, Hg, Ag, Zn, Fe) ₁₂ (As, Sb) ₄ S ₁₃	до 21,6
Ливингстонит	HgSb ₄ S ₇	21,25

5. Типизация ртутного сырья определяется минеральным составом руд, концентрацией в них ртути и формой ее выделения. Руды подразделяются на собственно ртутные и комплексные. В зависимости от минеральной формы выделения ртути они делятся на сульфидные (киноварные), ртутно-самородные и оксихлоридные. Собственно ртутные руды составляют 90 % баланса запасов ртутного сырья, из них на долю киноварных приходится свыше 80 %, ртутно-самородных – не менее 9 % и оксихлоридных – до 1 %.

В сульфидных рудах кроме киновари в подчиненном количестве встречаются метациннабарит, гиперциннабарит, самородная ртуть. По составу породообразующих минералов руды подразделяются на кварцево-джаспероидные, иногда с флюоритом и диккитом; кварцево-опалитовые с алунитом, баритом, гипсом, серой; карбонатные, иногда с битумами; лиственитовые с кварцем, карбонатами, серпентином, глинистыми минералами; аргиллизитовые с диккитом, иллитом, опалитом, галлуазитом, каолинитом. К числу вредных минералов, усложняющих переработку руд, относятся реальгар, аурипигмент, алунит, самородная сера, глинистые минералы, битумы. Попутными полезными компонентами иногда служат дисперсное золото и тунгстенит.

Ртутно-самородные руды характеризуются широким диапазоном содержания ртути – от 1 % в кварцево-джаспероидных, карбонатных и лиственитовых разновидностях до 20 % в кварцево-диккитовых рудах; в аргиллизитовых рудах ртуть – главный компонент.

Оксихлоридные руды отмечаются в зоне окисления многих ртутных месторождений, но имеются случаи их первичного происхождения (месторождение Мак Дермит, США).

Комплексные ртутьсодержащие руды составляют не более 8 % баланса сырья, однако в ряде случаев они играют существенную роль, повышая общую извлекаемую стоимость рудных (сурьма, золото, серебро, вольфрам, селен, теллур, уран, молибден, полиметаллы) и нерудных (флюорит, барит) компонентов.

Основные типы комплексных ртутьсодержащих руд: сульфидно-сульфосольные (блеклые руды), киноварно-антимонитовые, иногда с флюоритом, ливингстонитовые, киноварно-баритовые, киноварно-дисперсно-золотоносные, ртутно-вольфрамовые, ртутно-мышьяковые, ртутьсодержащие полиметаллические руды, каустобиолиты, карбонатные породы.

По содержанию ртути руды делятся на сорта: очень бедные – первые сотые доли процента, бедные – 0,06–0,1 %, рядовые 0,1–0,2 %, повышенного качества – 0,2–0,3 %, богатые – 0,3–1 %, очень богатые (штуфные) – единицы процентов, уникальные – десятки процентов.

По структурно-текстурным особенностям ртутные руды делятся на крупнокристаллические, гнездово-вкрапленные (в кварцитовидных песчаниках, джаспероидах и карбонатных породах), тонкокристаллические массивные (в лиственитах), прожилково-вкрапленные (характерны для большинства типов месторождений), рассеянно-вкрапленные (в глинисто-карбонатных породах), с тонкодисперстной киноварью (опалитово-алунитовый и травертиновый типы, встречается также в мраморизованных известняках и доломитах).

Распределение ртутных и ртутьсодержащих минералов в рудах крайне неравномерно. В месторождениях с преобладанием массивных руд (лиственито-аргиллизитовые типы) в богатых штуфных рудах сконцентрировано до 80 % запасов металла, во всех остальных случаях соотношение богатых и бедных руд обратное (20–40 и 60–80 %). Граница между рудой и вмещающей породой, как правило, нерезкая и определяется по бортовому содержанию ртути.

6. Промышленные месторождения ртутных руд концентрируются вдоль глубинных разломов, образуя рудоносные пояса значительной протяженности. В генетическом и структурно-морфологическом отношении месторождения отличаются исключительным многообразием и сложностью. Большинство месторождений ртутных руд принадлежит к гидротермальным, среди которых можно выделить три главных генетических типа: плутоногенные, телетермальные, вулканогенные.

Промышленные месторождения ртутных руд встречаются во всех генетических классах, но ведущая роль по запасам, количеству разрабатываемых месторождений, доле участия в мировом производстве металла принадлежит телетермальному (около 65 % мирового производства) и вулканогенному (более 30 % мирового производства ртути) типам (табл. 2).

Таблица 2

Промышленные типы месторождений ртути

Тип		Рудные тела					Среднее содержание Hg, %	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
генетический	промышленный	форма	залегание	размеры, м					
				по простиранию	по падению	мощность			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Телетермальный	Кварц-диккитовый	Пластообразная, штокверковая и столбообразная, жильная	Чаще крутое, реже пологое	До многих сотен	До первых сотен	До десятков	0,05–0,5	Технико-технологический ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Никитовское (Украина), Западно-Полянское, Звездочка, Терлисхайское (Россия), Альмаден (Испания)
	Джаспероидный	Пласто-, плаще-, линзообразная форма	Пологое, крутое	Десятки	Десятки	Первые десятки	0,05–0,2	Технико-технологический флюорит-сурмяно-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Хайдаркан (Киргизия), Сигуаньшань (КНР)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Карбонатный	Пластовая, линзово- и гнездовая, жильная, штокверковая	То же	До сотен	До сотен	До 10	0,1–0,3	Технико-технологический мышьяково-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Ваньшань (КНР), Карасу (Узбекистан)
	Листвениновый	Неправильная линзовидная, столбообразная, жильная	Крутое	Сотни	Сотни	До первых десятков	0,1–0,3	Технико-технологический сурьмяно-ртутный (флотационно-пирометаллургический)	Тамватнейское (Россия), Чонкойское (Киргизия), Нью-Амаден, Нью-Идрия (США)
Вулкано-генный	Карбонатнополиаргиллитовый	Согласногнездовое	Пологое	«	«	«	Единицы – первые десятки	Технико-технологический ртутный (пирометаллургический)	Пламенное (Россия), Идрия (Словения), Монте-Амиата (Италия)
	Травертиновый	Натечная	«	Десятки	Десятки	Единицы	0,02–0,2	То же	Узонское (Россия), Терлингуа (США)
	Опалитовый	Трубообразная, жильная, плащеобразная	Крутое, пологое	«	«	«	0,02–0,2	«	Опалит, Мак Дермит (США), Чемпуринское (Россия)

Телетермальные месторождения развиты главным образом в пределах активизированных областей платформ и в периферических частях древних стабильных массивов, а также в геосинклинальных складчатых областях, где практически отсутствуют интрузивные образования, кроме серпентинизированных гипербазитов и даек диабазовых порфириров. Эти месторождения характеризуются простым вещественным составом, как правило, пространственной обособленностью от месторождений других металлов, за исключением свинцово-цинковых, сурьмяных и низкотемпературных мышьяковых, значительным вертикальным размахом рудоотложения, обширными ореолами гипогенного рассеяния элементов-индикаторов.

К типу телетермальных месторождений принадлежат четыре промышленных типа: кварц-диккитовый, джаспероидный, листовенитовый и карбонатный.

Месторождения кварц-диккитового типа обычно приурочены к геосинклиналям, краевым прогибам, в разрезе которых преобладают песчано-глинистые, реже терригенно-эффузивные комплексы. Ведущими типоморфными жильными минералами этих месторождений являются диккит и кварц, их количественные соотношения могут колебаться в значительных пределах. Из рудных минералов преобладает киноварь, часто являющаяся единственным рудным минералом.

Локализация оруденения определяется сочетанием ряда факторов, и в первую очередь факторами структурного и литологического контроля.

Для описываемых месторождений характерно многообразие форм рудных тел, которые могут быть подразделены на три основных структурно-морфологических типа: согласнo-пластообразные, штокверко- и столбообразные, жильные.

Согласно-пластообразные рудные тела имеют размеры от первых десятков до многих сотен метров по простиранию, десятки, иногда первые сотни метров по падению и мощность от первых метров до первых десятков метров. Оруденение локализуется в пластах песчаников, обычно в сводовых частях куполовидных антиклиналей, осложненных зонами крутопадающих разрывов, и в местах перегиба крыльев складок; реже развиты маломощные внутриформационные залежи. Характерной особенностью является многоярусное строение месторождения, т. е. локализация оруденения в нескольких благоприятных горизонтах песчаников (на Никитовском месторождении промышленное оруденение установлено в четырех горизонтах).

Штокверко- и столбообразные тела связаны с зонами интенсивного дробления и трещиноватости в песчаниках и реже – в сланцах, развитыми в ядрах сжатых складок, а также с блоками брекчирования сланцев в местах перегибов крыльев складок. Столбообразные рудные тела контролируются локальными структурами типа воронок взрыва, трубок грязевых вулканов, соляных куполов и т. п. (Константиновское).

Жильные тела являются наиболее распространенной формой проявления кварц-диккитового типа. Они, как правило, невелики по размерам, чрезвычайно сложны морфологически и не имеют большого промышленного значения, но могут служить важным поисковым критерием в качестве индикаторов более крупных скрытых согласных залежей.

К кварц-диккитовому типу относятся месторождения Никитовское, Сахалинское, Белокаменное, Западно-Полянское, Звездочка; из зарубежных к этому типу относится месторождение Альмаден в Испании.

Месторождения джаспероидного типа характерны для районов завершенной складчатости в пределах геосинклинальных областей и зон активизации платформ; они не обнаруживают пространственной связи с проявлениями магматизма, за исключением даек диабазовых порфириров. Главной отличительной особенностью месторождений этого типа является ведущая роль структур экранирования и приуроченность рудных тел к сводовым

частям куполовидных складок, осложненных крутопадающими сбросами, где на контакте известняков и эранирующих сланцев образуются джаспероиды (метасоматически окремененные известняки).

Морфологически тела рудовмещающих джаспероидов представляют собой мощные (до 40 м) пластообразные, седлообразные и плащеобразные залежи в сводовых частях «многогорбых» складок, линзовидные тела, приуроченные к единому горизонту. Рудные тела обычно имеют очень сложную форму, в основном небольшие размеры и распределены во вмещающих джаспероидах крайне неравномерно.

На месторождениях джаспероидного типа кроме ртути, как правило, в промышленных концентрациях содержатся сурьма и флюорит. Иногда в повышенных концентрациях отмечаются селен и мышьяк.

Типичным примером этих месторождений является ртутно-сурьмяно-флюоритовое месторождение Хайдаркан, а за рубежом классические примеры джаспероидных месторождений установлены в КНР (Сигуаньшань).

Месторождения листовитового типа тяготеют к зонам глубинных разломов, трассируемых гипербазитами, как правило, нацело серпентинизированными. Рудоконтролирующими являются разломы на контактах серпентинитов и вмещающих вулканогенно-осадочных пород, вдоль которых развиваются кварц-карбонатные метасоматиты (листвениты), служащие основными рудовмещающими породами. На месторождениях листовитового типа установлена значительная (до 1000 м) протяженность рудоносных зон по простиранию и на глубину. Типичные формы рудных тел – неправильные, линзовидные и столбообразные залежи, жилы и рудные столбы, достигающие первых сотен метров по простиранию. Основным рудным минералом является киноварь. Сульфиды других металлов (антимонит, миллерит, герсдорфит и др.) имеют минералогическое значение. На ряде месторождений отмечаются повышенные содержания шеелита, который может иметь практический интерес. Жильные минералы в основном представлены кварцем и карбонатами – преимущественно железистыми и магниевыми – анкеритом, брайеритом, в меньшей степени – кальцитом, доломитом. К этому типу относятся Чаганузунское месторождение, где впервые был выделен данный тип ртутного оруденения, а также Чонкойское, Чазадырское, Агятагское, Тамватнейское месторождения. Представителем этого типа является также известное месторождение Нью-Альмаден в США.

Месторождения карбонатного типа по тектонической позиции аналогичны месторождениям джаспероидного типа, с которыми они в ряде случаев находятся в пространственной близости, локализуясь в мощных толщах известняков и доломитов. Для концентрации оруденения в месторождениях данного типа особенно важно наличие структур экранирования и расслоения. Выделяются рудные тела согласные и секущие.

Согласные рудные тела, развитые в основном в доломитах, представляют собой или маломощные пласты минерализованных литологически более благоприятных пород, или внутрiformационные залежи среди толщ доломитов, контролирующиеся структурами расслоения и отличающиеся выдержанными мощностями, особенно по простиранию рудоконтролирующих структур. В известняках преобладают небольшие линзо- и гнездообразные тела, редко достигающие сколько-нибудь значительных размеров.

На месторождениях секущего типа известны жильные, гнездовые тела и штокверки, которые в доломитах крупнее и выдержаннее, чем в известняках.

К этому типу относятся месторождение Карасу в Узбекистане, а также известные месторождения района Ваньшань в КНР.

Вулканогенные месторождения преобладают в районах недавней и современной вулканической и поствулканической деятельности, преимущественно в молодых складчатых

областях. Они часто непосредственно связаны с вулканическими аппаратами. Для этих месторождений характерны: монометалльность, изолированное положение по отношению к месторождениям других металлов (за исключением серебро-золото-полиметаллических), сложное строение рудных тел, обычно небольшая глубина формирования и ограниченный вертикальный размах рудоотложения, развитие среди жильных минералов монтмориллонита, галлуазита, алунита, барита и, наконец, незначительные по размерам геохимические ореолы. Среди вулканогенных месторождений ведущую роль в балансе производства ртути играют месторождения карбонатно-полиаргиллитового типа, подчиненную – опалит-алунитового и травертинового.

Карбонатно-полиаргиллитовый тип месторождений характерен для областей мезозойского вулканизма. В структурном отношении выделяются рудные залежи: контролирующиеся надвиговыми структурами; связанные с вулканическими аппаратами; локализующиеся в экзоконтактных зонах субвулканических штоков и некков; и приуроченные к разрывным нарушениям в молодых эффузивных образованиях.

Для месторождений карбонатно-полиаргиллитового типа характерна слабая интенсивность и нечеткие границы проявления дорудных изменений (аргиллизация и карбонатизация). Месторождения этого типа широко развиты в Северном Средиземноморье – Монте-Амиата (Италия), Идрия (Словения); в Юго-Восточной Африке – Рас-Эль-Ма (Алжир); в России – Боркут и Пламенное.

Опалит-алунитовые месторождения связаны с субвулканическими образованиями в областях развития кайнозойской складчатости и локализируются в зонах развития интенсивного окварцевания (до вторичных кварцитов), пропицитизации. Месторождения монометалльные – киноварно-метациннабаритовые; форма рудных тел, как правило, трубообразная (пологие залежи в апикальной части некков), реже жильная (в местах пересечения разломов). Наиболее характерными примерами описываемого типа являются месторождения Опалит (США) и Чемпуринское (Россия).

Травертиновые месторождения приурочены к областям развития поствулканической гидротермальной деятельности и формируются вблизи зеркала грунтовых вод в пределах выходов термальных источников. Ртутные проявления – киноварно-метациннабаритовые, иногда с серой, связаны чаще всего с кремнистыми травертинами.

Известные месторождения этого типа – Сульфур-Бэнк и Терлингва (США); аналоги их возможны в Тихоокеанском вулканическом поясе России.

Из вторичных месторождений ртути определенный промышленный интерес представляют лишь крупные остаточные россыпи (месторождения Пламенное, Тамватнейское Россия; район Вань-Шань КНР) и аллювиально-пролювиальные золоторудные россыпи с киноварью, откуда ртуть получают попутно.

По запасам ртути месторождения подразделяются на мелкие – до первых тонн, небольшие – до первых десятков, средние – первые сотни, крупные – тысячи, очень крупные – десятки тысяч, уникальные – сотни тысяч тонн.

II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

7. Известные в странах СНГ месторождения ртутных руд отличаются исключительно сложным, гнездообразным распределением рудных скоплений в пределах рудовмещающих горизонтов или тектонических структур. Рудные тела имеют средние или мелкие размеры, очень сложные пластообразную, линзовидную, штокверкообразную, столбообразную и жильную формы, резко изменчивые мощности и внутреннее строение, весьма не-

равномерное, прерывистое распределение ртути и могут быть выявлены, разведаны и оконтурены только по результатам эксплуатационно-разведочных работ. В процессе оценки и разведки, как правило, выявляются и оконтуриваются только рудонасыщенные участки рудовмещающих горизонтов или зон, а запасы ртутных руд в их пределах подсчитываются с использованием коэффициента рудоносности.

В соответствии с «Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278 месторождения ртутных руд относятся к 4-й группе (с гнездовым оруденением).

Проектирование и строительство или реконструкция действующего предприятия осуществляется преимущественно на запасах категории C_2 и лишь частично (~20 %) – категории C_1 . Дальнейшая разведка месторождения совмещается с отработкой и выполняется недропользователем в увязке с планами развития горных работ и подготовки запасов к отработке. В процессе доразведки осуществляется перевод запасов в более высокие категории.

III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

8. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях ртутных руд обычно составляются в масштабах 1:1000–1:5000. Все разведочные, эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудоносных горизонтов и 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 масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудоносного горизонта и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

9. Геологическое строение месторождения должно быть изучено детально и отражено 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 стратиграфическом и структурном положении рудовмещающих горизонтов, размерах и форме участков рудоносных зон с промышленным оруденением, условиях их залегания, внутреннем строении и рудонасыщенности, характере изменения вмещающих пород и связи оруденения с разрывными и складчатыми структурами в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. На горизонтальных планах или продольных проекциях должен быть отражен рельеф поверхностей основной рудолокализирующей толщи.

Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1 *

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений ртути и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы ртутных руд.

10. Выходы на поверхность и приповерхностные части минерализованных зон, рудовмещающих горизонтов и комплексов пород должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить размеры и форму участков с промышленным оруденением, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд и изменения содержания ртути в них, вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам руд.

11. Разведка месторождений ртутных руд на глубину проводится 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 сети, методы и способы опробования – должна обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям C_1 и C_2 в указанном в разделе 2 настоящих Методических рекомендаций соотношении. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождения (условий залегания и внутреннего строения рудоносных зон, их рудонасыщенности, размеров и формы участков, вмещающих кондиционные руды), с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе технических средств разведки, методов и способов опробования следует учитывать, что киноварь из-за слабой механической прочности обладает высокой способностью к истиранию и выкрашиванию, что может привести к искажению результатов опробования скважин и горных выработок. Поэтому степень избирательного истирания при бурении и выкрашивания при отборе бороздовых проб должна быть изучена применительно к различным типам руд и осуществлены меры, обеспечивающие достоверное определение содержания ртути и мощностей рудных интервалов.

12. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии и внутреннего строения рудоносных зон, уточнения коэффициента рудоносности, определения пространственного положения, форм, характерных размеров участков кондиционных руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания киновари при отборе бороздовых проб и избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных опробования, а также результатов геофизических исследований для геологических построений, определения мощностей рудных интервалов, содержания ртути и подсчета запасов.

Горными выработками должны быть пересечены рудоносные зоны на полную мощность и в их пределах оконтурены участки, содержащие кондиционные руды. Форма этих участков, степень их рудонасыщенности, изменчивость содержания ртути на вскрытых горными выработками горизонтах должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудоносным зонам – непрерывным прослеживанием расчистками на поверхности, штреками и восстающими в сочетании с рассечками и

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.

подземными скважинами на глубоких горизонтах, а по мощным рудоносным зонам и горизонтам – пересечением ортами, квершлагами и веерами подземных скважин.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Участки детализации должны отражать особенности условий залегания и форму рудных тел, вмещающих основные запасы месторождения, а также преобладающее качество руд. 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 с учетом возможности подсчета в их пределах запасов категории C_1 и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

Полученная на участках детализации информация используется для подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети и выбранных технических средств разведки особенностям геологического строения месторождения. для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

13. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания, мощности и внутреннего строения рудоносных зон, выделение интервалов с промышленным оруденением, текстур и структур руд а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом. Величина представительного выхода керна для определения содержания ртути и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна, шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного, шарошечного бурения и колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников, а при возможности – с результатами эксплуатационного опробования горных выработок или разработки. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки или обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных 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 их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных пла-

нов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих рудоносных зон под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

14. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудоносных зон с учетом возможного столбообразного размещения обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений ртутных руд в бывшем СССР, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков 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.

Таблица 3

Сведения о плотности сети разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений ртутных руд

Группа месторождений	Характеристика рудовмещающих залежей	Виды выработок	Расстояние между пересечениями залежей (в м) для категории запасов			
			С ₁		С ₂	
			по падению	по простиранию	по падению	по простиранию
1	2	3	4	5	6	7
4-я	Средние по размерам согласно залегающие пластообразные, линзовидные залежи вкрапленных руд, минерализованные зоны дробления, штокверкообразные и жиллоподобные залежи сложной морфологии, изменчивой мощности и с весьма неравномерным рас-	Канавы	–	10–20	–	40–60
		Штольни, штреки	40–60	–	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины	–	15–30	–	–
		Восстающие	–	60–80	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины из восстающих	15–30	–	–	–

1	2	3	4	5	6	7
	пределением ртути	Скважины*	40–60	60–80	60–80	80–120
	Мелкие по размерам, пластообразные, линзовидные, столбовидные, столбовидные залежи очень сложной морфологии, с весьма прерывистым, гнездовым распределением ртути.	Канавы	–	10–20	–	20–40
		Штольни, штреки	40–60	–	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины	–	10–20	–	–
		Восстающие	–	40–60	–	–
		Орты, рассечки, подземные скважины из восстающих	10–20	–	–	–
		Скважины*	–	–	40–80	60–100
*При наличии на месторождении горизонтов горных выработок и доказанной достоверности данных опробования скважин.						

На месторождениях ртути, подсчет запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, в обобщенном контуре, с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения, типичных форм и размеров участков кондиционных руд, а также распределения запасов по мощности рудных интервалов. должна быть оценена возможность их селективной выемки.

15. Все разведочные, а также имеющиеся на месторождении эксплуатационные выработки и естественные обнажения рудоносных зон 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 комиссиями в установленном порядке. Следует также оценить качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

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

17. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

На месторождениях ртутных руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования*. Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется соответствующими нормативно-методическими документами.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности и достоверности результатов, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

Для сокращения нерациональных затрат труда и средств на отбор и обработку проб рекомендуется интервалы, подлежащие опробованию, предварительно наметить по данным каротажа или замерам ядерно-геофизическими, магнитным и другими методами.

18. Опробование разведочных сечений следует производить с соблюдением следующих обязательных условий:

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается, исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудоносных зон 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 следует проводить непрерывно, на полную мощность рудовмещающих горизонтов или зон, контролирующих размещение ртутной минерализации;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудных интервалов, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; в пробу отбирается весь керн (шлам), при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При этом следует принимать меры по предотвращению обогащения шлама за счет вышележащих рудных интервалов.

* Возможность использования результатов геофизического опробования для подсчета запасов, а также возможность внедрения в практику опробования новых геофизических методов и методик рассматривается экспертно-техническим советом (ЭТС) уполномоченного экспертного органа после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

Длина пробы не должна превышать установленные кондициями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, учитываемую при выделении рудных интервалов.

В горных выработках, пересекающих рудоносную зону, и в восстающих (и в ортах их них) опробование должно проводиться по двум стенкам выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудоносной зоны – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в проходках, прослеживающих выявленные конкретные рудные тела или участки обогащенные ртутью, не должно превышать 1–2 м (увеличение шага опробования должно быть подтверждено экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудоносных зон все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые способы опробования и параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания ртутных минералов при принятом для горных выработок способе опробования

Условия опробования для изучения возможностей крупнопорционной сортировки и покусковой сепарации руд (порционной контрастности) определяются, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

19. Качество опробования по каждому принятому методу и способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует своевременно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность установления границ рудоносных зон и оконтуривания рудных интервалов по мощности, выдержанность принятых параметров проб, соответствие фактической массы проб расчетной, исходя из принятого сечения пробы или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10-20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового (или задиркового) опробования следует контролировать сопряженными пробамитого же сечения.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные каротажа должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным интервалам с высоким его выходом (более 95 %), для которых доказано отсутствие избирательного истирания. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный картаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

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.

20. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Необходимо регулярно контролировать чистоту поверхностей дробильного оборудования.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

21. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или 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.

Изучение в рудах попутных компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на ртуть, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании промышленных руд по мощности (сурьму, флюорит и др.). Другие полезные компоненты (вольфрам, селен, золото, серебро и др.) и вредные примеси (мышьяк, свинец, сера и др.) определяются 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 рудоносных зон.

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

22. 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 изучения месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные и попутные компоненты и вредные примеси.

23. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала.

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, направляемые 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, в том числе «ураганные».

24. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду выполнения анализов (квартал, полугодие, год).

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов (бортовое и минимальное промышленное содержания). В случае большого числа анализи-

руемых 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.

25. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, 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 контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. 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.

26. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях – остатки аналитических 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.

Таблица 4

Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Se, г/т)*	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
1	2	3	4	5	6
Hg	>1,0	6,5	CaCO ₃	>10	6
	0,2–1,0	8,5		5–10	8
	0,04–0,2	17		2–5	11
	0,01–0,04	20		1–2	14
	0,005–0,01	25	As	0,05–0,5	16
Sb	2–5	5,5		0,01–0,05	25
	0,5–2	12	Se	<0,01	30
	0,1–0,5	20		20–50	25
<0,1	30	5–20		30	
CaF ₂	20–50	3,0		1–5	30
	10–20	5,0			
	2–10	10			
	0,5–2	17			

1	2	3	4	5	6
*Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.					

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

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

28. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание уделяется ртутьсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и их распределения по крупности. В комплексных сурьмяно-ртутных рудах для смешанных и окисленных сортов должно быть установлено количественное соотношение различных оксидных минералов сурьмы.

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

29. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

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 γ -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.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

30. 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.

IV. Изучение технологических свойств руд

31. По технологическим свойствам ртутные руды подразделяются на собственно ртутные монометалльные, в которых другие компоненты не имеют промышленного значения, и комплексные, подлежащие переработке по комбинированным схемам с селективным выделением попутных компонентов.

Технологические свойства монометалльных ртутных руд, как правило, изучаются в лабораторных условиях, а комплексных руд сложного состава – в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При наличии опыта промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их переработки должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии со стандартом Российского геологического общества СТО РосГео 09-001–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Технологическое опробование в процессе геологоразведочных работ», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

32. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд. При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

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, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы.

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

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

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

Укрупненно-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 рудовмещающими породами.

33. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сортировки и сепарации. Руководствуясь соответствующими методическими документами, должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, крупнопорционная и покусковая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения 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.

34. Основным источником производства ртути являются монометалльные руды. Переработка монометалльных руд, содержащих более 0,04 % ртути, осуществляется пирометаллургическим способом путем непосредственного нагрева в печах (трубчатых, многоподовых и кипящего слоя). Образующиеся при обжиге печные газы и пары ртути охлаждаются в системе конденсационных труб, в результате чего получают металлическую ртуть и заводской полупродукт – ступу (содержание ртути в ступе может достигать 80 %). Извлечение ртути при переработке руд превышает 90 %.

Вредными примесями в ртутных рудах являются мышьяк, сурьма, сера и органические соединения. Характер этого влияния заключается в следующем:

легкоплавкий антимонит образует при обжиге соединение (кермесит), которое покрывает руду пленкой и мешает окислению киновари;

значительная часть мышьяка при обжиге переходит в ртутные пары в виде летучего триоксида, что затрудняет последующий процесс конденсации металлической ртути;

при содержании серы в свободном виде более 3 % в конденсационной системе печи образуется налет «черного сульфида ртути», нарушающий режим окислительного обжига.

Нижний предел содержания ртути в монометалльных рудах при использовании пирометаллургического процесса без обогащения составляет 0,04 %. Бедные руды с содержаниями менее 0,04 % ртути должны подвергаться предварительному флотационному обогащению.

Комплексные руды по вещественному составу подразделяются на три основных промышленных типа: ртутно-сурьмяные, ртутно-сурьмяно-плавиковошпатовые и ртутно-мышьяковые.

Ртутно-сурьмяные руды перерабатываются комбинированным способом, включающим предварительное обогащение гравитационно-флотационным или флотационным методами и пирометаллургическую переработку коллективного ртутно-сурьмяного концентрата.

Вредными примесями в ртутно-сурьмяных рудах являются мышьяк, особенно связанный с реальгаром и аурипигментом, а также сульфиды железа, меди, свинца и цинка.

Ртутносурьмяно-плавиковошпатовые руды (содержащие более 10 % флюорита) перерабатываются комбинированным способом: в голове процесса осуществляется сульфидная флотация, хвосты которой подвергаются флотации для извлечения флюорита.

При переработке мышьяково-ртутных руд производится максимальная очистка ртутных концентратов от мышьяка, поскольку последний крайне вреден при последующем пиromеталлургическом переделе. Высокая степень разделения ртути и мышьяка достигается либо обратной флотацией реалъгара сосновым маслом, либо прямой флотацией киновари с депрессией реалъгара крахмалом. Для удаления арсенопирита и аурипигмента в качестве депрессора используется известь или цианид.

Из ртутьсодержащих полиметаллических руд ртуть, накапливающаяся в основном в цинковых концентратах, извлекается из пыли агломерационных и плавильных цехов.

Альтернативным вариантом извлечения из руд и концентратов ртути является гидрометаллургический способ, применяемый для переработки труднообогатимых руд. Однако в промышленном масштабе он не получил широкого распространения.

В последние годы все большее значение приобретает возможность попутного извлечения ртути при переработке различных видов минерального сырья (табл. 5) – от полисульфидных руд до стройматериалов и каустобиолитов, что диктуется не только необходимостью комплексного использования природных богатств, но и санитарно-гигиеническими требованиями охраны окружающей среды.

Таблица 5

Возможные источники попутного извлечения ртути

Комплексные ртутьсодержащие месторождения	Формы нахождения ртути (киновари) и способы извлечения	Примеры месторождений
1	2	3
Металлов	Содержится в комплексном полисульфидном концентрате, извлекается из отходящих газов при металлургическом переделе	Медно-полиметаллические месторождения Забайкалья, свинцово-цинковые месторождения Алтая, медноколчеданные месторождения Урала. Цинковые месторождения Финляндии
Химического сырья	Содержится в алунитовых и других рудах	Гушсай
Осадочно-метаморфогенные месторождения железных руд, бокситов и др.	Ртутью обогащены иногда отдельные горизонты рудных залежей	Сарасинская зона

1	2	3
Строительных и флюсовых материалов	Киноварь с диккитом уходит в мелкую фракцию при изготовлении щебенки из диккитизированных песчанников и кремнистых сланцев. Может извлекаться из отходящих газов цементных заводов. То же, на известковых заводах. То же, на домнах при использовании в качестве флюса ртутьсодержащих доломитов	Никитовское (Украина), Джизак, Кловердейл (США)
Горючих полезных ископаемых	Накапливается в отстойниках коксовых батарей при переработке ртутьсодержащих углей, содержится в сырой нефти и газоконденсатных месторождениях	Донбасс

Перспективные методы переработки ртутных руд:

радиометрическая сепарация комплексных руд с выделением попутных ценных компонентов (флюорит) и снижением содержания вредных примесей (сурьма, мышьяк, свинец);

тяжелосреднее обогащение класса $-2+0,2$ мм в гидроциклонах с целью замены малопроизводительных концентрационных столов;

гидрометаллургический метод переработки труднообогатимых руд с выщелачиванием ртути и последующим ее осаждением цементацией или электролизом;

биохимическая переработка ртутных концентратов флотации с целью удаления вредных примесей (сурьма, мышьяк, свинец, медь, цинк).

Товарной продукцией ртутьсодержащих руд является металлическая ртуть. Основные требования к ее качеству заключаются в том, что она должна быть серебристо-белого цвета, с зеркальной поверхностью и не содержать механических примесей. Требования к металлической ртути приводятся в табл. 6.

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

Таблица 6

Основные требования к металлической ртути

Область применения	Массовая доля, %	
	ртути, не менее	нелетучего остатка, не более
Вакуумэлектроника	99,999	0,001
Контрольно-измерительные приборы	99,99	0,01
Амальгамация золота, переработка на соли и другие цели	99,9	0,1

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям. Должны быть определены необходимая степень измельчения руд, основные технологические показатели пирометаллургической переработки монометалльных руд (степень пылеобразования и декрипитации ртутных руд при их обжиге, оптимальная температура обжига, извлечение ртути, со-

держание ртути в отходящих газах и сточных водах), оптимальный характер обогащательного процесса для комплексных руд и основные показатели обогащения (выход концентратов и их характеристика, извлечение полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное извлечение), методы переработки концентратов. Качество продуктов переработки должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке, необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела руд и концентратов (ступа, концентраты, отходящие газы, сточные воды, конденсатная пыль и пр.), а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме переработки минерального сырья. Особое внимание уделяется определению содержания ртути в отходящих газах и сточных водах металлургических заводов. Должны быть даны рекомендации по обезвреживанию промстоков.

V. Изучение гидрогеологических, инженерно-геологических, экологических и других природных условий месторождения

36. 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 их защите от подземных вод. Необходимо также:

изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей; по разрабатываемым месторождениям привести химический состав рудничных вод и промстоков;

оценить возможность использования дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;

дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;

оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится, руководствуясь соответствующими методическими документами.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации к проектированию рудника: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

37. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных выработок и целиков, типовых паспортов буровзрывных работ и крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

Инженерно-геологические исследования на месторождении необходимо проводить в соответствии с «Методическим руководством по изучению инженерно-геологических условий рудных месторождений при разведке», рассмотренным и одобренным Департаментом геологии и использования недр Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №7 от 4 сентября 2000 г.) и методическими рекомендациями: «Инженерно-геологические, гидрогеологические и геоэкологические исследования при разведке и эксплуатации рудных месторождений», рассмотренными и одобренными Управлением ресурсов подземных вод, геоэкологии и мониторинга геологической среды Министерства природных ресурсов Российской Федерации (протокол №5 от 12 апреля 2002 г.).

Инженерно-геологическими исследованиями месторождения должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в в подземных горных выработках, бортах карьера 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.

38. Разработка месторождений ртутного сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

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

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

41. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов.

42. Основная цель экологических исследований заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

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 воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и стоками, 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.

Ртуть – высокотоксичный металл неясной биологичности. Острое отравление ртутью и ее соединениями проявляется в расстройстве кишечника, рвоте, упадке сердечной деятельности, головокружении, слабости. Систематическое отравление приводит к судорогам, поражению центральной нервной системы.

Опасно попадание ртути в водоемы так как многие микроорганизмы, моллюски и рыбы способны накапливать ртуть. Потребление продуктов с содержанием ртути $0,5 \cdot 10^{-4}$ приводит к отравлению. Металлическая ртуть относится к 1 классу опасности по токсичности. В связи с этим при наличии в руде значительных концентраций самородной ртути должны быть предусмотрены специальные меры по защите производственного персонала.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений ртутных руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве метода обогащения и пирометаллургического способа извлечения ртути из руды, а также присутствием в качестве примесей мышьяка, висмута, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, селена. При металлургической переработке ртутных руд должны быть рекомендованы специальные мероприятия по предотвращению отравлений парами ртути рабочих заводских цехов и жителей ближайших поселков.

Влияние собственно добычи ртутных руд, не содержащих самородную ртуть, на окружающую среду незначительно. Выражается оно в изменении рельефа в результате образования карьеров и формирования отвалов сверхбедных руд, огарков и пустых пород. Главный рудный минерал ртути – киноварь – относится к весьма устойчивым образованиям и поэтому в отвалах сохраняется практически неизменным. Большую опасность представляют рудничные воды, обогащенные ртутью.

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. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

43. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обес-

печивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. 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.

44. 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 «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VI. Подсчет запасов

45. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений ртутных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

46. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного предприятия. Участки рудовмещающих горизонтов или зон, а также рудных тел (при возможности их геометризации), выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество запасов и качество руд;

однородностью геологического строения, примерно одинаковой рудонасыщенностью, степенью изменчивости мощностей рудных интервалов, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;

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

общностью горнотехнических условий разработки.

По падению подсчетные блоки следует (в случае необходимости) разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

47. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений ртутных руд.

Запасы категории В подсчитываются только на разрабатываемых месторождениях по данным эксплуатационной разведки, горно-подготовительных и нарезных выработок. К ним относятся запасы подготовленных или готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Запасы категории С₁ при разведке подсчитываются на участках рудоносных горизонтов или зон с промышленными рудами, для которых по данным горных выработок и скважин выявлены условия залегания, форма, размеры, особенности внутреннего строения и рудонасыщенности, определены на вскрытых горными выработками гори-

зонтах или по данным эксплуатации типичные формы, размеры и пространственное положение участков кондиционных руд, подлежащих селективной выемке.

Контур запасов категории C_1 должен быть проведен по горным выработкам и скважинам без экстраполяции.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории C_1 подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и результатам опробования горно-подготовительных и нарезных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой категории.

Запасы категории C_2 подсчитываются на участках месторождений, для которых установлены границы рудоносных зон по мощности и определены контуры распространения промышленного оруденения, оценены размеры, условия залегания участков рудоносных горизонтов или зон с промышленным оруденением, их внутреннее строение и рудонасыщенность по геологическим и геофизическим данным, подтвержденным вскрытием полезного ископаемого скважинами.

При определении контуров подсчета запасов категории C_2 следует учитывать фактические данные о рудонасыщенности детально разведанных участков рудоносных зон с промышленным оруденением, результаты перевода в их пределах запасов категории C_2 в C_1 , установленные на месторождении закономерности изменения по падению и простиранию состава руд, рудонасыщенности и содержаний ртути.

48. На месторождениях ртути со сложным и прерывистым распределением оруденения подсчет запасов по категориям C_1 и C_2 обычно выполняется статистическим способом (с использованием коэффициента рудоносности) в пределах обобщающего контура рудомещающих горизонтов и зон.

Принципы проведения обобщающего контура должны быть обоснованы с геологических, экономических и горнотехнических позиций в ТЭО кондиций.

Подсчет запасов с использованием коэффициента рудоносности выполняется при следующих условиях:

созданная на месторождении разведочная сеть на момент подсчета не позволяет выделить и надежно геометризовать и оконтурить рудные тела;

доказана возможность при более детальном изучении оконтурить и селективно обработать участки рудных скоплений.

49. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам обработки (карьерными, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

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.

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.).

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

50. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием ртути

(«ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

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 содержаний вольфрама по данным сгущения разведочной сети).

51. 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.

52. 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.

53. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности подсчитанных новых запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

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 уполномоченным экспертным органом); представлены таблицы движения запасов (по категориям, подсчетным блокам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных уполномоченным экспертным органом запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о геологическом строении 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 уполномоченным экспертным органом 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 уполномоченным экспертным органом подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных интервалов, коэффициентов

рудности, содержания полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

54. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) 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 использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двухмерного 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, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны) и по интервалам опробования.

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

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы 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 список проб, входящих в зону влияния.

Все массивы цифровых данных (данные опробования, координаты проб или рудных пересечений, аналитические выражения структурных 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 наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных блоках (рудных телах) и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния ураганных проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных интервалов с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оцени-

вания должны проверяться (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

55. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена 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 и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции подсчетных блоков 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.

56. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

57. Подсчет запасов оформляется в соответствии с «Методическими рекомендациями по составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по подсчету запасов металлических и неметаллических полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

VII. Степень изученности месторождений (участков месторождений)

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

Степень изученности для оцененных месторождений определяет целесообразность продолжения разведочных работ на объекте, для разведанных – подготовленность месторождения для промышленного освоения.

58. На оцененных месторождениях ртутных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

Параметры кондиций для подсчета запасов должны быть установлены на основе технико-экономического обоснования временных разведочных кондиций, разрабатываемых на основе отчетов о результатах оценочных работ для новых открытых месторождений, как в целом, так и по отдельным их частям, в объеме, достаточном для предварительной геолого-экономической оценки месторождения.

Запасы оцененных месторождений по степени изученности квалифицируются, главным образом, по категории C_2 и, частично, C_1 .

Соображения о способах и системах разработки месторождения, возможных масштабах добычи обосновываются укрупнено на основе проектов-аналогов; технологические схемы обогащения с учетом комплексного использования сырья, возможный выход и качество товарной продукции устанавливаются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОПР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

Проведение ОПР диктуется обычно необходимостью выявления особенностей геологического строения рудных тел (изменчивость морфологии и внутреннего строения), горно-геологических и горнотехнических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т. д.); решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, как, например, скважинная гидродобыча разрыхленных руд с больших и малых глубин, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразна при освоении крупных и гигантских месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству крупных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

59. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечена 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 всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;

запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на осно-

вании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические, экологические 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 рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

рассмотрено возможное влияние разработки месторождения на окружающую среду и даны рекомендации по предотвращению или снижению прогнозируемого уровня отрицательных экологических последствий до требований соответствующих нормативных документов;

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

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории C_2 при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

Разведанные месторождения относятся к подготовленным для промышленного освоения при выполнении настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

VIII. Пересчет и переутверждение запасов

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

По инициативе недропользователя пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, существенно ухудшающих экономику предприятия:

существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;

объективном, существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;

изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;

когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки

и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20 %).

По инициативе контрольных и надзорных органов пересчет и переутверждение запасов производится при наступлении случаев, ущемляющих права недровладельца (государства) в части необоснованного уменьшения налогооблагаемой базы:

увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50 %;

существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50 % от заложенных в обоснования кондиций);

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

Экономические проблемы предприятия, вызванные временными причинами (геологические, технологические, гидрогеологические и горнотехнические осложнения, временное падение мировых цен продукции), решаются с помощью механизма эксплуатационных кондиций и не требуют пересчета и переутверждения запасов.

Приложение (справочное)
Характеристические показатели сложности геологического строения
месторождений твердых полезных ископаемых

Система разведки и плотность разведочной сети зависят 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 (V_C) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

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):

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

Показатель сложности рассчитывается по отношению числа рудных пересечений (N_p) к сумме всех разведочных пересечений (рудных, безрудных внутриконтурных N_B и законтурных N_3 , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_B + N_3} \cdot \quad (1.2)$$

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в %) 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 показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

Таблица

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1	2	3	4	5
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100

1	2	3	4	5
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100– 150	100–150
4-я	< 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.

