

**Методические рекомендации по применению Классификации запасов
месторождений и прогнозных ресурсов твердых
полезных ископаемых (медных руд)**

I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (медных 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, N 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 № 40, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении медных 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. М е д ь – металл желто-красного цвета, имеющий плотность 8,94 г/см³ (характерно изменение плотности в зависимости от чистоты металла); обладает высокой электро- и теплопроводностью, коррозионной стойкостью; хорошо обрабатывается давлением как в горячем, так и в холодном состоянии.

4. Медь принадлежит к группе халькофильных элементов, ее среднее содержание (кларк) в земной коре составляет 0,0047 %. В большинстве промышленных месторождений медь присутствует в виде сульфидных соединений. Известно свыше 200 медьсодержащих минералов, из них промышленное значение имеют только 15 (табл. 1).

Около 90 % мировых запасов и добычи меди приходится на четыре сульфида – халькопирит, борнит, халькозин и кубанит.

Таблица 1

Главнейшие минералы меди

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание меди, %	Плотность, г/см ³
1	2	3	4
Халькопирит	CuFeS ₂	34,5	4,1–4,3
Борнит	Cu ₅ FeS ₄	52–65	4,9–5,2
Халькозин	Cu ₂ S	79,8	5,5–5,8
Кубанит	CuFe ₂ S ₃	22–24	4,0–4,2
Блеклые руды	3Cu ₂ S(Sb, As) ₂ S ₃	22–53	4,4–5,1

1	2	3	4
Энаргит	Cu_3AsS_4	48,3	4,4–4,5
Ковеллин	CuS	66,5	4,6–4,7
Малахит	$\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	57,4	3,9–4,1
Азурит	$2\text{CuCO}_3 \cdot \text{Cu}(\text{OH})_2$	55,3	3,7–3,9
Хризоколла	$\text{CuSiO}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	32,8–40,3	2,0–2,3
Брошантит	$\text{CuSO}_4 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	56,2	3,8–3,9
Атакамит	$\text{CuCl}_2 \cdot 3\text{Cu}(\text{OH})_2$	59,5	3,7–3,8
Куприт	Cu_2O	88,8	5,8–6,1
Тенорит	CuO	79,9	5,8–6,4
Самородная медь	Cu	88–100	8,5–8,9

5. До 50 % производимой меди используется в электротехнической промышленности для производства кабелей, проводов, изготовления теплообменников, деталей холодильников, вакуумной аппаратуры. Однако 40 % меди расходуется на производство сплавов с цинком, оловом, алюминием, никелем, железом, марганцем, бериллием, кремнием и другими элементами. Наиболее известны сплавы меди с цинком – латунь, с оловом, алюминием, кремнием и бериллием – бронзы, с никелем и цинком – мельхиор, с никелем и марганцем – никелин, константан и манганин. Указанные сплавы широко используются в электротехнике, машиностроении, авиационной, судостроительной и приборостроительной отраслях промышленности, для изготовления хирургических инструментов, бытовых предметов и художественных изделий, а также для чеканки монет. Соли меди применяются в качестве микроудобрений, для борьбы с вредителями и болезнями растений, в кожевенной и текстильной промышленности.

По уровню производства и потребления среди других металлов медь занимает третье место после железа и алюминия.

6. По качественной характеристике медные руды разделяются следующим образом: весьма богатые с содержанием меди более 3–5 %; богатые, содержащие более 2 % меди (для руд медно-порфировых месторождений – более 1 %); среднего качества (рядовые) с содержанием меди более 1 % (для руд меднопорфировых месторождений – более 0,4 %); бедные, содержащие от 0,7 до 1 % (для руд меднопорфировых месторождений – менее 0,4 %). По степени окисления руды медных месторождений подразделяются на сульфидные, смешанные и окисленные. Критерием для отнесения руд к тому или иному типу служит содержание меди в оксидной форме: для сульфидных руд – до 10 %; смешанных – 11–50 %; окисленных – более 50 %; для каждого месторождения эта цифра уточняется в процессе технологических исследований. Так, для Удоканского месторождения разработаны иные пределы: к сульфидным относятся руды, содержащие до 30 % окисленных минералов меди, к смешанным – 31–70 % и к окисленным – более 70 %.

В комплексных рудах, где основное промышленное значение имеют другие металлы (никель, свинец, цинк, молибден, железо, олово, вольфрам, золото, висмут), медь часто является важным попутно извлекаемым компонентом.

7. Месторождения меди многочисленны и генетически разнообразны. В настоящее время выделяется шесть основных промышленных типов месторождений меди (табл. 2).

Таблица 2

Основные промышленные типы месторождений медных руд

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Ведущие текстуры руд	Главные рудные минералы	Наиболее характерные попутные компоненты	Качество руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7
Медно-никелевый	Согласные пластообразные залежи, линзо- и жиллообразные тела	Гнездово-вкрапленные, массивные, брекчиевые	Пирротин, пентландит, халькопирит, кубанит	Со, платиноиды, S, Au	Богатые, средние, бедные	Норильская и Печенгская группы (Россия), районы Седбери, Томсон (Канада), Бушвельда, Карру (ЮАР), Камбалда (Австралия)
Медистых песчаников и сланцев	Пластовые, пластообразные и лентовидные залежи	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные	Халькопирит, борнит, халькозин	Ag, Re, Se, Te, Pb, Zn, Co, S	Средние, богатые	Удоканское (Россия), Джезказганское (Казахстан), Мансфельд (Германия), Люблин-Серошовицы (Польша), Айнакское (Афганистан), медный пояс Замбии и Заира
Медноколчеданный	Пласто- и линзообразные залежи	Массивные, полосчатые, вкрапленные	Пирит, халькопирит, сфалерит, иногда пирротин	Au, Ag, Zn, S, Pb, Se, Cd, Co, In, Te, Ge	То же	Учалинское, Ново-Учалинское, Гайское, Подольское, Урупское, Кызыл-Дере (Россия), Оутокумпу (Финляндия), Маунт-Айза (Австралия), Риотинто (Испания)

1	2	3	4	5	6	7
Меднопорфировый	Штокверки	Прожилково-вкрапленные, вкрапленные	Халькопирит, халькозин, молибденит, пирит	Mo, Re, Au, Ag, Se, Te	Бедные	Михеевское (Россия), Кальмакырское, Дальнее (Узбекистан), Коунрадское, Божекульское (Казахстан), Каджаранское (Армения), Эрдентуин-Обо (Монголия), месторождения Канады, США, Мексики, Перу, Чили, Ирана
Скарновый	Пласто- и столбообразные, сложной формы залежи	Массивные, гнездовые, вкрапленные, прожилковые	Халькопирит, магнетит, борнит, пирротин, пирит	Au, Ag, Fe, Co, Mo, Se, Te, S	Средние	Турьинская группа (Россия), Саянская группа (Казахстан), Малко-Тырново (Болгария), Речк (Венгрия), Эрмсбре (Индонезия)
Кварцево-сульфидный (жильный)	Жилы, жильные зоны, иногда сочетающиеся с метасоматическими залежами	Массивные, гнездовые, брекчиевидные, вкрапленные и прожилково-вкрапленные	Халькопирит, сфалерит, пирит	Ag, Au, Pb, Zn, Cd, Te, Se, Bi, Sb, Mo	«	Кафанское (Армения), Чатыркульское (Казахстан), Россен (Болгария), Бьют (США)

8. Сульфидные медно-никелевые месторождения генетически связаны с дифференцированными массивами ультраосновных и основных магматических пород (перидотитов, габбро-норитов, габбро и габбро-диабазов). Медно-никелевые рудные тела располагаются преимущественно в придонной части интрузивов, а иногда во вмещающих интрузивы породах. Руды представлены сплошными, брекчиевыми, прожилковыми и вкрапленными разностями. Рудные тела имеют, как правило, крупные размеры: протяженность по простиранию и падению от сотен метров до нескольких километров, мощность до 100 м; плитообразные, пластообразные, линзообразные, жилообразные и более сложные формы; залегают субгоризонтально, реже полого- или крутонаклонно. Господствующее развитие имеют согласные пластообразные залежи вкрапленных руд. К лежащему боку этих залежей приурочены сплошные руды, образующие отдельные пласты, линзы и жилы, сложенные массивными, брекчиевидными и густовкрапленными разновидностями. Характерной особенностью сульфидных медно-никелевых месторождений является сравнительно выдержанный минеральный состав руд. Руды содержат никель, медь, кобальт, платиноиды, а также золото, серебро, селен, теллур и серу.

9. Месторождения медистых песчаников и сланцев приурочены к пестроцветным формациям складчатых областей и располагаются в их внешних поясах, в наложенных мульдах и других подобных структурах.

Мощности продуктивных толщ меняются в широких пределах. Рудные тела располагаются обычно в нескольких горизонтах (до 10, иногда более) серых лагунно-дельтовых терригенных, реже карбонатных отложений. Общее количество рудных залежей в крупных месторождениях весьма велико – до нескольких сотен; размеры их разнообразны; границы с вмещающими породами нечеткие и определяются опробованием.

Характерной является пластовая, а также линзо- и лентообразная форма рудных залежей. Для внутреннего строения характерно относительно равномерное распределение полезных компонентов; среди преобладающего количества вкрапленных руд среднего качества наблюдаются прослой, линзы и гнезда более богатых руд.

Отличительной особенностью этих руд является разнообразие ценных компонентов (медь, цинк, свинец и попутные: серебро, кобальт, теллур, рений), их минеральных форм (халькопирит, халькозин, борнит, сфалерит, галенит и др.), степени окисленности при значительных колебаниях содержаний. В рудах весьма часто присутствуют глинистые образования.

10. Медноколчеданные (медные и медно-цинковые) месторождения связаны в основном с дифференцированными формациями базальтоидного магматизма натровой серии: базальт-липаритовой (спилит-кератофировой) и базальт-андезит-дацит-липаритовой. В комплексе вулканитов колчеданные руды локализованы преимущественно среди пород кислого состава, нередко образующих несколько горизонтов.

Все разнообразие форм рудных тел медноколчеданных месторождений определяется наличием пяти главных структурно-морфологических типов, отдельные из которых обычно являются ведущими для конкретных рудных полей:

пластообразные тела, залегающие согласно с напластованием рудовмещающих пород;

тела комбинированной формы, верхние части которых согласны с напластованием, а сопоставимые с ними по размерам апофизы лежащего бока секут напластование под большими углами;

крутопадающие линзообразные, реже жилообразные тела, занимающие отчетливо секущее положение относительно напластования;

залежи, которые характеризуются взаимными переходами между крутопадающими линзообразными телами и залежами комбинированной формы;

залежи сундучной формы, обладающие в поперечном сечении угловатыми очертаниями и характеризующиеся изменчивыми сочетаниями крутых и пологих составляющих.

Наиболее крупные по запасам месторождения характеризуются преобладанием тел сложной сундучной и комбинированной формы.

Внутреннее строение медноколчеданных рудных тел характеризуется сочетанием руд массивной (часто полосчатой) и вкрапленной текстур. Тела массивных руд обычно имеют четкие геологические границы; вкрапленные руды, как правило, связаны постепенными переходами со слабо минерализованными вмещающими породами. Существенная особенность массивных руд – тонкозернистость, переходящая нередко в эмульсионную вкрапленность.

Руды преимущественно халькопиритового и сфалеритового состава с халькозином, борнитом, арсенопиритом, галенитом и др. Главными полезными компонентами в них кроме меди и цинка являются железо и сера, из попутных – золото, серебро, кадмий, селен, теллур. Руды медноколчеданных месторождений являются комплексными; в зависимости от содержания меди и цинка они разделяются следующим образом:

	Cu, %	Zn, %
Медные.....	>0,5–0,7	<0,8–1,0
Медно-цинковые.....	>0,5–0,7	>0,8–1,0
Серноколчеданные (серы более 35 %)......	<0,5–0,7	<0,8–1,0

По количеству слагающих их сульфидов (содержанию серы) в медном и медно-цинковом типах руд выделяются: сплошные (более 35 % серы) и вкрапленные (до 35 % серы).

Масштаб месторождений весьма различен, но преобладают средние по запасам месторождения.

Вблизи поверхности для медноколчеданных месторождений характерно наличие зоны окисления, которая в классическом виде (сверху–вниз) имеет три этажа:

«железная шляпа», представляющая собой скопления бурого железняка, где главными минералами являются гидроксиды и оксиды железа с незначительными количествами малахита; как правило, обогащены золотом и серебром;

окисленные, так называемые упорные руды, где более 50 % минералов представлены оксидными соединениями – малахитом, азурином, хризоколлой и др; эти руды плохо поддаются обогащению;

зона вторичного сульфидного обогащения, представленная халькозином, купритом и др; это, как правило, богатые, легко обогатимые руды.

К медноколчеданному типу относится также немногочисленная группа колчеданных медных, медно-цинковых месторождений в терригенных комплексах. Рудные тела залегают в целом согласно с вмещающими породами, которые смяты в крупные складки и нарушены зонами дробления и рассланцевания.

Околорудно-измененные породы представлены кордиерит-антофиллитовыми, биотит-хлоритовыми или хлорит-карбонатными метасоматитами.

Медноколчеданные месторождения в терригенных комплексах мало изучены; известные объекты – мелкие до средних по масштабам.

11. Меднопорфировые месторождения пространственно и генетически связаны с малыми интрузиями и телами субвулканических порфировых пород умеренно кислого состава и локализуются в их экзо- и эндоконтактах.

Месторождения этого типа представляют собой крупные, измеряемые сотнями метров и первыми километрами, штокверки с весьма значительными запасами металла; обыч-

но они не имеют резких геологических границ, постепенно переходя в слабо минерализованные породы. Форма их зависит в основном от конфигурации рудоносного интрузива, свойств вмещающих пород, характера дорудной и послерудной трещиноватости. По характеру очертаний рудных тел в плане выделяются месторождения сложной овальной или кольцевой формы и месторождения удлиненной формы.

В вертикальном разрезе промышленные меднопорфировые руды образуют горизонтальные или слабо наклонные линзообразные, плащеобразные тела большой мощности или штоки; для многих месторождений типична форма чаши или опрокинутого конуса.

Весьма характерной общей чертой меднопорфировых месторождений является вторичная вертикальная зональность; обычно выделяется до пяти зон (сверху – вниз): выщелачивания, окисленных руд, смешанных руд, вторичного сульфидного обогащения и первичных руд; мощность зон колеблется в широких пределах – от первых метров до первых сотен метров.

Руды как правило прожилково-вкрапленные, преимущественно халькопиритового или молибденит-халькопиритового состава с развитием вторичных сульфидов меди и минералов зоны окисления. Характерна неравномерная вкрапленность и тонкое прорастание сульфидов, и прежде всего молибденита. В молибдените в виде изоморфной примеси проявляется рений, существенно влияющий на ценность руд.

Все месторождения этого типа сопровождаются более или менее ярко выраженными зонами гидротермально-измененных пород.

12. Скарновые медные месторождения генетически связаны с дифференциатами габбро-диорит-гранодиоритовой и гранодиорит-сиенитовой формаций. Месторождения располагаются в зонах скарнирования и ороговикования.

По условиям залегания и морфологическим особенностям среди контактово-метасоматических месторождений выделяются пластообразные и неправильные залежи в слоистых осадочно-вулканогенных толщах, рудные тела в непосредственных контактах интрузивов с известняками, залежи в ксенолитах пород кровли интрузивных массивов, а также рудные тела в тектонических зонах. Размеры рудных тел невелики, их форма разнообразна. Преобладают пластообразные тела с различными осложнениями в виде апофиз, раздувов, жильные зоны, столбообразные залежи.

Характерные околорудные изменения, наложенные на скарнированные породы, представлены актинолитизацией, хлоритизацией, окварцеванием, сидеритизацией, баритизацией и доломитизацией.

13. Кварцево-сульфидные (жильные) месторождения, образовавшиеся в результате выполнения трещинных структур или метасоматического замещения вмещающих пород (преимущественно гранитоидных и вулканогенных), обычно отличаются небольшими размерами (первые сотни метров по простиранию и падению при мощности 0,5–2 м, иногда более), сложной морфологией рудных тел, наличием раздувов и пережимов, разветвлений и апофиз. Рудные жилы часто сопровождаются ореолами прожилково-вкрапленной минерализации. Внутреннее строение их характеризуется развитием вкрапленно-полосчатых, гнездовых и массивных текстур.

Месторождения данного типа обычно заключают в себе сравнительно небольшие запасы меди и в настоящее время их практическое значение невелико.

Кроме описанных типов известны промышленные месторождения самородной меди в районе оз. Верхнего (США), карбонатитовое месторождение Палабора (ЮАР) и ванадиево-железо-медное Волковское месторождение в России.

14. Интерес для освоения могут представлять техногенные месторождения, образовавшиеся в результате складирования забалансовых медных руд, медьсодержащих отходов

обогажительного (пиритный концентрат, хвосты) и металлургического (шлаки, кеки) процессов. Состав и строение техногенных месторождений определяются геолого-промышленным типом исходного природного месторождения, способом добычи и технологической схемой переработки минерального сырья, а также условиями складирования и сроками хранения отходов. Указанные факторы требуют специфических подходов к изучению и оценке техногенных месторождений, особенности которых изложены в соответствующих нормативно-методических документах и в настоящих Методических рекомендациях не рассматриваются.

II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

15. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения меди месторождения медных руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К 1-й группе относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными и плитообразными залежами простой формы с выдержанной мощностью и относительно равномерным распределением меди. Длина и ширина рудных тел составляет от сотен метров до первых километров при мощности десятки метров (Джезказганское месторождение, Казахстан). Кроме того, к этой группе относятся месторождения, представленные крупными штокверками простой формы площадью до нескольких квадратных километров и мощностью (глубиной) до 1 км с относительно равномерным распределением меди (Коунрадское месторождение, Казахстан).

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными и средними пластообразными, линзообразными залежами и жилообразными телами неоднородного строения, с невыдержанной мощностью или относительно неравномерным распределением меди. Размеры рудных тел по простиранию и падению составляют десятки и сотни метров (до первых километров) при мощности десятки и сотни метров (Удоканское, Гайское, Ново-Учалинское, Узельгинское, Подольское и др. – Россия). В эту же группу входят месторождения, представленные крупными и средними штокверками и штокообразными телами сложной формы площадью сотни квадратных метров и первые квадратные километры и мощностью десятки и сотни метров с неравномерным распределением меди (Кальмакырское, Дальнее – Узбекистан).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и небольшими по размерам линзообразными, пластообразными и жилообразными залежами с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием меди (Красногвардейское, Октябрьское, Тарньерское, Чусовское, Александринское – Россия) и небольшими очень сложного строения столбообразными, штокообразными телами, сложно ветвящимися, линзоподобными метасоматическими залежами и жилами с весьма неравномерным распределением меди. По простиранию и падению рудные тела достигают нескольких сотен метров с мощностью до 50 м и более (Джусинское, Вадимо-Александровское, Озерное – Россия)

Месторождения (участки) медных руд 4-й группы Классификации, представленные мелкими жилами, залежами, линзами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым, гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного

значения, как правило, не имеют.

16. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70 % общих запасов месторождения.

17. При отнесении месторождения к той или иной группе в ряде случаев могут использоваться количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения (см. приложение).

III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд

18. 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 медных руд обычно составляются в масштабах 1:1000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел 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 рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

19. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000–1:10 000 (в зависимости от его размеров и сложности), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории P_1^* .

20. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний меди и благородных металлов и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты 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 меди и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы медных руд.

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.

21. Разведка месторождений медных руд простого строения на глубину проводится в основном скважинами (месторождений сложного строения – скважинами в сочетании с горными выработками), с использованием геофизических методов исследований: наземных, в скважинах и горных выработках.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок и способы бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

22. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности, обеспечивающий выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, 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 другими способами – весовым, объемным.

Величина представительного выхода керна для определения содержания меди и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама по интервалам с их различным выходом с данными опробования горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников.

При низком выходе керна или его избирательном истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

При разведке верхних частей рудных тел, сложенных рыхлыми разновидностями руд (зона окисления), следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует 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 планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской при-

вязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°. Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – и вееров подземных скважин.

Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

23. Горные выработки проходятся, как правило, для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб, а на месторождениях сложного строения – для изучения (в сочетании со скважинами) условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд.

На месторождениях, разведка которых осуществляется горными выработками, должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках сплошность и изменчивость оруденения по простиранию и падению: по маломощным рудным телам – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением квершлагами, ортами, подземными горизонтальными скважинами.

Горные выработки следует проходить на участках и горизонтах месторождения, намечаемых при составлении технико-экономического обоснования к первоочередной отработке.

24. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования геофизических методов (наземных, скважинных, шахтно-рудничных) для оконтуривания рудных тел и изучения их сплошности.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений медных руд в странах СНГ, 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 сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений медных руд стран СНГ

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
			А		В		С ₁	
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1-я	Крупные пластообразные залежи и плитообразные тела простой формы с выдержанной	Скважины	75	75	150	150	300	300

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	мощностью и относительно равномерным распределением меди							
	Крупные штокверки простой формы с относительно равномерным распределением меди	«	75	75	100	100	100	150
2-я	Крупные и средние пласто- и линзообразные залежи и жиллообразные тела неоднородного строения, с невыдержанной мощностью или неравномерным распределением меди	Скважины, горные выработки	–	–	50	75	100	150
	Крупные и средние по размерам штокверки и штокообразные тела сложной формы, неоднородного строения, с неравномерным распределением меди	То же	–	–	50	100	100	200
3-я	Средние и небольшие по размерам линзо-, пласто- и жиллообразные залежи с изменчивой мощностью и невыдержанным содержанием полезных компонентов; небольшие, очень сложного строения столбо-, штокообразные тела, сложноветвящиеся линзоподобные метасоматические залежи и жилы с весьма неравномерным распределением меди	«	–	–	–	–	50	50–70

П р и м е ч а н и е. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С₂ по сравнению с сетью для категории С₁ разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

25. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождений

должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы на таких участках или горизонтах должны быть разведаны по категориям А+В, 2-й группы – по категории В, 3-й группы – категории С₁. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С₁.

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

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

Для штокерковых месторождений, оценка 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.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики, геометрии и плотности разведочной сети, а также выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, 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.

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

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, а также правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными комиссиями в установленном порядке. При проверке 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 минералогических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

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

28. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования произво-

дится 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.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических^{*}) и способов (керновый, бороздовый, задириковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

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

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

опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок; в разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться отдельно, секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керна, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов меди деление керна при опробовании на половинки не производится.

Для изучения неравномерности оруденения (порционной контрастности руд) длина интервалов геофизического опробования не должна превышать 1 м, в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м. Для изучения контрастности руд на уровне штупа результаты ядерно-геофизического опробования должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5 – 10 см. Оценка порционной и кусковой контрастности выполняется, руководствуясь с соответствующими нормативно-методическими документами.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих

^{*} 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.

опробование должно проводиться по двум стенкам выработок, а в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживающих выработках обычно не превышают 2–4 м (рациональный шаг опробования должен быть подтвержден экспериментальными данными).

В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами.

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 оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать $\pm 10\text{--}20\%$ с учетом изменчивости плотности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования в случае деления керна на половинки — отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90 %). При выявлении недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, его достоверность по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Достоверность принятого метода и способа опробования контролируется более представительным способом – на месторождениях медных руд, как правило, валовым (задириковым), руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки.

Для действующих предприятий достоверность принятых способов опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков или участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и буровым скважинам.

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.

30. 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 проб должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

31. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов, вредных примесей и шлакообразующих компонентов. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическим или другими методами, установленными госу-

дарственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

Изучение в медных 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 медь, а также и на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (цинк, свинец, молибден, никель, кобальт, сера и др.). Другие полезные компоненты (золото, серебро, сера, селен, теллур, индий, сурьма и др.) и вредные примеси (фосфор, мышьяк и др.) определяются обычно по групповым пробам.

Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты, вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

Для выяснения степени окисления первичных руд и установления глубины развития зоны окисления и границ распространения окисленных, смешанных, руд зоны вторичного обогащения и неокисленных руд должны выполняться фазовые анализы.

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

33. 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.

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, сдаваемых 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.

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

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. При большом числе анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5 % от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

35. Обработка данных внутреннего и внешнего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхо-

ждений 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.

36. 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*, % (Au, Ag, Tl, Ga, Se, Te, Re, Ge, In, г/т)	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, % (Au, Ag, Tl, Ga, Se, Te, Re, Ge, In, г/т)	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность
1	2	3	4	5	6
Cu	>5	2,5	Sb	2–5	5,5
	3–5	4,5		0,5–2,0	12
	1–3	5,5		0,1–0,5	10
	0,5–1,0	8,5		<0,1	30
	0,2–0,5	13	Re	>40	18
Zn	>10	2,5		20–40	19
	5–10	3,5		10–20	22
	2–5	6		5–10	24
	0,5–2	11		1–5	26
	0,2–0,5	13	As	>2	2,5
РЬ	2–5	6		0,5–2,0	5
	1–2	8,5		0,05–0,5	13
	0,5–1	11		0,01–0,05	25
	0,2–0,5	13		<0,01	30
Mo	0,1–0,2	13	Tl, Ga	>50	18
	0,05–0,1	18		10–50	24
	0,02–0,05	23		<10	30
Co	0,5–1,0	3	Ge	>50	18

1	2	3	4	5	6
	0,1–0,5	5		10–50	26
	0,05–0,1	8		<10	30
	0,01–0,05	20	In	50–100	25
S	>40	1,0		20–50	28
	30–40	1,2		5–20	30
	20–30	1,5		1–5	30
	10–20	2,0	Se	100–500	15
Au	4–16	18		50–100	20
	1–4	25		20–50	25
1	2	3	4	5	6
	0,5–1,0	30		5–20	30
	<0,5	30		1–5	30
Ag	100–300	7	Te	100–500	17
	30–100	12		50–100	22
	10–30	15		20–50	25
	1–10	22		5–20	30
	0,5–1,0	25		1–5	30
Cd	>0,1	11	P ₂ O ₅	>0,3	8,5
	0,02–0,1	22		0,1–0,3	11
	<0,02	30		0,05–0,1	15
Bi	0,2–0,6	11		0,01–0,05	25
	0,05–0,2	15		0,001–0,01	30
	0,02–0,05	20			
	0,005–0,02	30			
* 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 и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без проведения арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

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

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

Особое внимание уделяется медьсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и раз-

меры сростков, характер сростания), размеров зерен и их распределения по крупности.

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

39. Определение объемной массы и влажности необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд, внутрирудных некондиционных прослоев и вмещающих пород, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

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

40. 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 раздельной переработки.

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

IV. Изучение технологических свойств руд

41. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для 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 обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондами 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).

42. В процессе технологических исследований целесообразно изучить возможность предобогащения и (или) разделения на сорта добытой руды в тяжелых суспензиях, с использованием крупнопорционной радиометрической сортировки горнорудной массы в транспортных емкостях, а для руд с высоким выходом кусковой фракции (–200+20 мм) возможность их радиометрической сепарации.

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или под-

твердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

При изучении возможности радиометрической сортировки и сепарации руд следует руководствоваться соответствующими методическими документами.

43. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геологотехнологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

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 геологотехнологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы, в соответствии со 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).

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 степень измельчаемости 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 обогащения руд, полученных на лабораторных пробах.

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

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.

44. При исследовании обогатимости руды изучают степень ее окисления, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и стадильную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

45. 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.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициям показателям и определены основные технологические параметры обогащения (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

Достоверность данных, полученных в результате полупромышленных испытаний, оценивают на основе технологического и товарного баланса. Разница в массе металла между этими балансами не должна превышать 10 %, и она должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и металлургических заводах по переработке медных руд.

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 концентратов, 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, даны рекомендации по очистке промстоков.

46. Для всех промышленных (технологических) типов медных руд обогащение производится различными механическими, гидро- и пирометаллургическими методами, а также комбинированием их в различных сочетаниях. Основным методом механического обогащения является флотация, поскольку главные промышленные сульфидные минералы меди – халькопирит, борнит и халькозин – имеют хорошие флотационные свойства. Для усиления флотируемости окисленных минералов меди используют предварительную сульфидизацию. В зависимости от особенностей вещественного состава руд применяют различные схемы: от простых, включающих основную флотацию и несколько перечистных операций, до сложных многостадийных с отдельным промпродуктовым циклом, а также схемы с отдельной флотацией песков и шламов и схемы «cleaner–scavenger».

47. Технология переработки руд медных* месторождений зависит от их минерального состава, текстур и структур, крупности зерен, степени взаимного прорастания минералов, количества содержащихся сульфатов, карбонатов, силикатов, оксидов меди и других минералов. Для выбора технологической схемы переработки руд существенное значение также имеют физические свойства минералов (природная флотоактивность, склонность к шламообразованию и окислению в процессе измельчения). Все это обуславливает выделение большого числа типов руд, для которых требуются различные технологические схемы переработки.

Все сульфидные медные руды обогащаются флотационными способами. Из медно-порфировых руд медь и молибден извлекаются в коллективный концентрат, подвергающийся пропарке с сернистым натрием и перечисткам с получением кондиционного медного концентрата и молибденового промпродукта. Из халькопирит-борнит-халькозиновых руд месторождений медистых песчаников и кварцево-халькопиритовых руд жильных месторождений медьсодержащие минералы хорошо извлекаются прямой флотацией. В качестве собирателей применяют различные ксантогенаты, дитиофосфаты и их сочетания. Из вспенивателей применяют терпиниол, ОПСБ, Т-80. Реагенты регуляторы – известь, циа-

* Технология переработки сульфидных медно-никелевых руд приведена в «Методических рекомендациях по применению Классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд»

нид, сернистый натрий, жидкое стекло и др. Однако при наличии на месторождении комплексных разновидностей руд, содержащих свинец и цинк, требуются более сложные комбинированные схемы селективной и коллективно-селективной флотации.

Сплошные медноколчеданные руды обычно перерабатываются по схемам селективной флотации с получением медного, цинкового и пиритного концентратов. В голове процесса флотируют сульфиды меди при депрессии сфалерита и пирита, затем из хвостов медной флотации после активации сфалерита медным купоросом флотируют цинк. Хвосты цинковой флотации при содержании пустой породы в рудах не более 15 % представляют собой готовый пиритный концентрат.

Вкрапленные медно-цинковые и полиметаллические колчеданные руды перерабатываются преимущественно по комбинированным коллективно-селективным схемам с получением коллективных концентратов и последующей их селекцией, которая осуществляется по цианидному или безцианидному способу. Цианидное разделение проводится с использованием смеси цианида с цинковым купоросом.

Халькопирит-магнетитовые (скарновые) и борнит-пирротин-магнетитовые (ванадиево-железо-медные) руды перерабатываются по комбинированным схемам, включающим флотацию минералов меди и магнитную сепарацию магнетита.

Окисленные и смешанные руды обогащаются значительно хуже, чем сульфидные, особенно содержащие медь в силикатной форме. Их переработка осуществляется флотационными, комбинированными и гидрометаллургическими методами. Флотацию проводят после предварительной сульфидизации окисленных минералов сернистым или гидросернистым натрием. Из комбинированных методов наибольшее распространение получил метод Мостовича, который включает выщелачивание окисленной меди серной кислотой, осаждение (цементацию) меди, перешедшей в раствор, металлическим железом и флотацию цементной меди.

Окисленные тонкодисперсные сильноожелезненные руды, содержащие силикатные минералы меди, относят к категории упорных. Их обогащают комбинированным или гидрометаллургическим методом.

Для извлечения меди из бедных и забалансовых руд или хвостов обогащения широко используют кучное и подземное выщелачивание, а также чановое растворение с перемешиванием или перколяцией. Основным растворителем при кучном выщелачивании являются растворы сернокислого оксида железа, которые получают при орошении куч водой в результате окисления пирита. Орошение производится последовательно водой и раствором с последующей цементацией меди железным скрапом.

Для интенсификации процессов гидрометаллургической переработки сульфидных руд в качестве окислителя могут быть использованы микроорганизмы, окисляющее действие которых ускоряет разложение сульфидов. Аналогичные результаты дает предварительный сульфатизирующий обжиг.

Медные концентраты перерабатываются пирометаллургическим способом: сначала с получением черновой меди, а затем электролитическим рафинированием производится медь высокой чистоты.

48. Ценные попутные компоненты извлекаются при обогащении в медный, цинковый и пиритный концентраты, из которых они могут быть получены в процессе последующей металлургической переработки.

Золото и серебро. При флотации их извлечение в медный концентрат составляет 60–65 %. Оставшаяся часть связана главным образом с пиритом. При выделении пирита в отдельный концентрат для увеличения общего извлечения золота применяется цианирование огарков обжига пиритного концентрата. При металлургической переработке практически

все золото и серебро переходят в медь, а из нее в шламы, собирающиеся при электролитическом рафинировании меди.

Кадмий на 80–85 % извлекается в цинковый и частично свинцовый концентрат, а при металлургическом переделе – из медно-кадмиевых кеков электролитических установок.

Индий, галлий и таллий. Первые два элемента аналогично кадмию концентрируются в цинковом концентрате, а таллий находится также в медном и пиритном концентратах. Они извлекаются из тех же отходов производства, что и кадмий.

Кобальт извлекается при электролизе никелевых концентратов, а также из пиритных огарков.

Никель и платина. В процессе обогащения металлы платиновой группы концентрируются в никелевом концентрате и при металлургическом переделе переходят в никель, а из него при электролитическом рафинировании – в анодный шлам.

Цинк при металлургическом переделе медных концентратов возгоняется в виде оксида и осаждается из отходящих газов на электрофильтрах.

Сера улавливается в виде сернистого газа при всех видах пирометаллургической обработки колчеданных руд с последующим производством серной кислоты.

Железо. Содержание его в сплошных колчеданных рудах составляет 30–40 %. Часть железа, перешедшая в медный и цинковый концентраты, при металлургическом переделе теряется со шлаками. Часть железа, заключенная в пиритных концентратах, при обжиге последних для производства серной кислоты остается в виде огарков, которые после агломерации могут быть использованы как обычные железные руды.

Селен извлекается из пылей металлургических печей и шламов, остающихся при электрическом рафинировании меди.

49. Качество медных, цинковых и серно-колчеданного концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и перерабатывающими металлургическими и химическими заводами или должно соответствовать существующим ГОСТам и техническим условиям.

Ранее в СССР качество концентратов устанавливалось требованиями ГОСТов и ОСТов, которые приводятся ниже в качестве справочного материала (табл. 5–7).

Таблица 5

Требования к качеству медных концентратов

Марка концентрата	Содержание, %			Марка концентрата	Содержание, %		
	меди, не менее	примесей, не более			меди, не менее	примесей, не более	
		цинка	свинца			цинка	свинца
1	2	3	4	5	6	7	8
КМ-0	40	2	2,5	КМ-5	20	10	8
КМ-1	35	2	3	КМ-6	18	11	9
КМ-2	30	3	4,5	КМ-7	15	11	9
КМ-3	25	5	5	ППМ	12	11	9
КМ-4	23	9	7				

П р и м е ч а н и е. Содержание молибдена во всех марках медного концентрата и промпродукта не должно превышать 0,12 %; содержание влаги устанавливается по соглашению сторон; наличие посторонних включений (куски породы, руды, дерева, металла и т.д.) не допускается; содержание золота и серебра не нормируется.

Таблица 6

Требования к качеству цинковых концентратов

Марка концентрата	Массовая доля, %					
	цинка, не менее	индия, не менее	примесей, не более			
			железа	кремнезема	меди	мышьяка
1	2	3	4	5	6	7
КЦ-0	59	Не нормируется	4,0	2,0	0,9	0,05
КЦ-1	56	То же	5,0	2	1,0	0,05
КЦ-2	53	”	7	3	1,5	0,1
КЦ-3	50	”	9	4	2,0	0,3
КЦ-4	45	”	12	5	3,0	0,5
КЦ-5	40	”	13	6	3,0	0,5
КЦ-6	40	”	16	10	4,0	0,6
КЦИ	40	0,04	18	6	3,5	0,5

П р и м е ч а н и е. Во всех марках цинкового концентрата по требованию потребителей определяется массовая доля фтора. Концентраты с массовой долей фтора более 0,02 % поставляются по соглашению сторон.

Таблица 7

Требования к качеству колчедана серного флотационного

Показатель	Норма для марок				
	КСФ-0	КСФ-1	КСФ-2	КСФ-3	КСФ-4
Внешний вид	Сыпучий порошок. Не допускаются инородные включения (куски породы, руды, дерева, бетона, металла и др.)				
1	2	3	4	5	6

1	2	3	4	5	6
Содержание сульфидной серы, %, не менее	50	48	45	42	38
Суммарное содержание свинца и цинка, %, не более	Не нормируется	1	1	1	1
Содержание мышьяка, %, не более	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Содержание фтора, %, не более	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Содержание влаги, %, не более	3,8	3,8	3,8	3,8	3,8
<p>П р и м е ч а н и е. По согласованию с потребителем допускается поставка флотационного серного колчедана с суммарным содержанием свинца и цинка более 1 %; в колчедане марки КСФ-0 суммарное содержание свинца и цинка устанавливается по согласованию с потребителем.</p>					

Весьма богатые медные руды (более 3–5 % меди), пригодные для непосредственной плавки, и концентраты подвергаются пирометаллургической переработке с получением черновой меди. На медеплавильных заводах России используются разные технологии плавки. Наиболее распространенным методом является плавка в отражательных печах, хотя сохранила свое значение и шахтная плавка. В последнее время интенсивно внедряются автогенные процессы получения черновой меди (плавка в жидкой ванне, плавка во взвешенном состоянии и др.), что позволяет упростить технологию за счет совмещения процессов обжига, плавки на штейн и даже конвертирования в одном технологическом цикле. Это дает возможность повысить комплексность использования сырья, исключить или резко сократить расход топлива, предотвратить загрязнение окружающей среды. Из отходящих газов металлургического производства получают серную кислоту или элементарную серу, а из пыли – свинец, цинк, висмут, кадмий, германий и другие элементы.

Электролитическое рафинирование черновой меди обеспечивает получение меди высокой чистоты и извлечение многих ценных компонентов. Из электролитных шламов извлекаются селен, теллур и благородные металлы. Наличие разнообразных методов технологии переработки медных руд и систематическое их совершенствование обеспечивают извлечение все большего числа полезных компонентов даже при их очень низких содержаниях в рудах.

В зарубежных странах заметную роль в производстве меди стала играть новая технология извлечения меди, основанная на экстракции и электролизе (технология SX-EW), позволяющая извлекать медь из бедных и забалансовых руд, труднообогатимых окисленных руд, хвостов обогатительных фабрик и шлаков металлургического производства. За период 1990–2000 гг. производство меди по указанной технологии увеличилось в 3,3 раза, а в Чили – в 12,5 раз.

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

50. 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 руднич-

ных 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 водопритoki в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в 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 их эксплуатационных запасов, который 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.

51. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, подземных горных 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 должны быть изучены физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристики их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии, инженерно-геологические особенности массивов пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их 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 их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород 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.

52. Разработка месторождений медных руд 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. Выбор способа зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горно-технических показателей и обосновывается в ТЭО кондиций. На открытый способ приходится более 2/3 мировой добычи медных руд. В ограниченных масштабах для добычи используется подземное выщелачивание (химическое, бактериально-химическое), применяемое на отработанных (Блявинское) и на новых, вводимых в разработку бедных месторождениях (Рей в США, Кананея в Мексике).

53. 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.

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

55. По районам новых месторождений необходимо иметь данные о наличии местных строительных материалов, указать местоположение площадей с отсутствием залежей полезных ископаемых, где могут быть размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, отвалы пустых пород.

56. 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 промстоками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Специфика техногенных источников воздействия на окружающую среду на месторождениях медных руд определяется способом разработки (подземным и открытым), применением флотации в качестве ведущего метода обогащения и невозможностью полного улавливания при металлургии отдельных элементов, загрязняющих атмосферу (особенно с сернистым газом) и воду.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отло-

жений, 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.

57. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки месторождения, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

58. 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

59. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений медных руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

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

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

однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;

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

общностью горнотехнических условий разработки.

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

61. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений медных руд.

Запасы категории А в процессе разведки подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных скважинами и горными выработками, без экстраполяции.

На штокверковых месторождениях к категории А могут быть отнесены блоки, в пределах которых коэффициент рудоносности близок к единице, установлено пространствен-

ное положение, форма и размеры участков кондиционных руд, подлежащих селективной выемке.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы подготовленных и готовых к выемке блоков, отвечающие по степени изученности требованиям Классификации к этой категории.

Запасы категории В в процессе разведки подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть праведен по разведочным выработкам, без экстраполяции, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

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

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок. К ним относятся запасы, степень изученности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

К категории С₁ относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, а на новых – результатами, полученными на участках детализации. На штокверковых месторождениях изученность основных особенностей внутреннего строения должна обеспечить выяснение рудонасыщенности и закономерностей распределения участков кондиционных руд. Количество запасов на этих месторождениях определяется статистически.

Контур запасов категории С₁ определяются, как правило, по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы категории С₂ подсчитываются путем экстраполяции по простирацию и падению от контура разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию; по самостоятельным рудным телам – по совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических исследований и геологических построений.

При определении контуров подсчета запасов категории С₂ следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы и мощности, состава руд и содержаний меди.

62. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерами, штольневыми горизонтами, 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.

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

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

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

63. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием промышленных компонентов («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 том числе особенности изменения распределения проб по классам содержаний промышленных компонентов по данным сгущения разведочной сети).

64. 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.

65. 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.

66. 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, коэффициенту рудоносности, 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, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий из-

менение 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 горно-геологических условиях месторождения.

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

По месторождению, на котором по мнению недропользователя утвержденные 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 эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

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

67. 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, содержаний, 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 или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом 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 $\frac{1}{4}$ 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 возможность установления наилучших 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 тел 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 оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

68. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки контактов, результаты опробования и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции рудных тел на горизонтальную или вертикальную плоскость; каталог подсчетных параметров по блокам, уступам, разрезам) и сводных результатов подсчета запасов. Выходная документация и машинная графика должны отвечать существующим требованиям к этим документам по составу, структуре, форме и др.

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

70. 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 Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

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

71. На оцененных месторождениях медных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснова-

ния 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). 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.

72. 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 реконст-

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

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

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии 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 ини-

циативе 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.

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 (λ_p) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения – λ_o):

$$K_p = \frac{\lambda_p}{\lambda_o} . \quad (1.1)$$

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

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

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.

Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержа- ния
	K_p	q	$V_m, \%$	$V_c, \%$
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
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.