

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

**Молибденовые руды**

**Москва, 2007**

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

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

**Методические рекомендации** по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Молибденовые руды .

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

## I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (молибденовых 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 11 декабря 2006 г. № 278, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении молибденовых 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. Молибден – серебристо-серый ковкий металл с плотностью 10,02–10,32 г/см<sup>3</sup>, обладающий высокой термостойкостью (температура плавления 2620 ± 20 °С), легкой дегазацией, небольшой упругостью пара, высокими значениями электро- и теплопроводности, малым коэффициентом линейного расширения, значительной прочностью, высоким модулем упругости и хорошей обрабатываемостью.

Основная область применения молибдена – металлургическая промышленность (85–90 %), где он используется в качестве легирующей добавки, главным образом при производстве сталей, а также в производстве (совместно с V, W, Cu, Ni и Co) твердых, жаростойких и кислотоупорных сплавов. Кроме того, молибден применяется в машиностроении, радио- и электротехнике в чистом виде для изготовления лопаток турбин, в качестве конструкционного материала в энергетических ядерных реакторах, при изготовлении деталей электроламп.

Широко используются химические соединения молибдена: дисульфид молибдена (чистый молибденит) – как смазочный материал для трущихся частей механизмов; молибдат натрия – в производстве лаков и красок; оксиды молибдена – как катализаторы в нефтяной и химической промышленности. Расширяется применение соединений молибдена (преимущественно в форме молибдата аммония) в производстве удобрений.

4. Молибден принадлежит к малораспространенным элементам, среднее содержание его в земной коре составляет  $1,1 \cdot 10^{-4}$  % (по массе). Из 20 известных минералов молибдена основное промышленное значение имеют пять (табл. 1).

Главнейший минерал молибденовых руд – молибденит, более 98 % всей добычи молибдена производится из молибденитовых руд, второстепенную роль играет молибдошеелит, известный в некоторых скарновых месторождениях, и совсем незначительную – повеллит, ферримолибдит и вульфенит, развивающиеся в зоне окисления. Промышленное значение имеют также молибдаты урана, широко распространенные в молибден-урановых месторождениях.

Таблица 1

### Главнейшие минералы молибдена

| Минерал                  | Химическая формула   | Содержание Мо, % |
|--------------------------|--|------------------|
| Молибденит               | $\text{MoS}_2$   | 57,1–60          |
| Молибдошеелит (зейригит) | $\text{Ca(W, Mo)O}_4$  | 1–24             |
| Повелит                  | $\text{CaMoO}_4$   | 48,2             |
| Ферримолибдит            | $\text{Fe}_2^{3+}(\text{MoO}_4)_3 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ | 39,7–60,2        |
| Вульфенит                | $\text{Pb}(\text{MoO}_4)_3$                                  | 27–46            |

Различная растворимость молибденсодержащих минералов в соляной кислоте и щелочах позволяет отдельно определять количество молибдена, связанного с молибденитом, повеллитом, ферримолибдитом и вульфенитом.

Другие молибденсодержащие минералы (кехлинит, комозит, линдгрениит, чиллагит, иордизит и др.) встречаются редко.

5. Молибденовые руды по составу подразделяются на собственно молибденовые, медно-молибденовые и вольфрам-молибденовые. Из этих руд попутно получают: висмут, свинец, цинк, медь, олово, золото, серебро, рений, селен, теллур, германий, скандий. В свою очередь, молибден попутно учитывают и извлекают из руд некоторых урановых, вольфрамовых, медных и полиметаллических месторождений.

Месторождения монометалльных молибденовых руд формировались в процессах тектоно-магматической активизации на платформах и в областях завершённой складчатости, пространственно и генетически связаны с крупными интрузивами умеренно-кислых гранитоидов, с их экзо- и эндоконтактами.

Медно-молибденовые месторождения образовались в позднеорогенную стадию развития геосинклиналей. Интрузивы, с которыми генетически или парагенетически связано оруденение, представлены породами монзонитового ряда. Месторождения располагаются преимущественно в эндоконтактных зонах материнских плутонов.

Вольфрам-молибденовые месторождения локализуются в областях завершённой складчатости или на участках древних платформ, подверженных процессам тектоно-магматической активизации, пространственно и генетически связаны с лейкократовыми гранитами.

6. Промышленные эндогенные концентрации молибдена (табл. 2) связаны с кварцевыми жилами и прожилками, скарновыми и грейзеновыми залежами, брекчиевыми трубками. Помимо монометалльных молибденовых руд, широко распространены руды комплексные, в которых молибден ассоциирует с медью или вольфрамом, висмутом, бериллием, а также ураном. В месторождениях с медью и вольфрамом молибден нередко характеризуется весьма крупными запасами и присутствует в качестве одного из основных и (или) попутного компонентов. В молибден-урановых месторождениях – это обычно попутный компонент, значение которого в общей добыче молибдена не превышает 5 %.

По запасам молибдена (тыс. т) месторождения подразделяются на мелкие – до 25, средние – 25–150, крупные – 150–500 и весьма крупные (уникальные) – свыше 500. Все разнообразие форм и условий залегания молибденовых руд охватывает четыре типа месторождений: штокверковый, пласто- и линзообразный, жильный и брекчиевых трубок. Кроме того, имеют место техногенные образования – отвалы бедных или забалансовых руд и шламохранилища.

Штокверковый тип месторождений объединяет средние, крупные и весьма крупные рудные тела, пригодные для высокопроизводительной открытой (карьерной) или подземной (блоковым обрушением) разработки. Объем рудного штокверка может достигать 1,5–2,0 км<sup>3</sup> при вертикальном размахе до 1,5 км. Формы штокверков изометрич-

ные, в виде линейно вытянутых зон, перевернутых чаш и конусов, а также их сочетаний. Внутреннее строение штокверков достаточно сложное, обусловленное сочетанием участков или зон богатого оруденения с бедными и забалансовыми рудами или даже практически безрудными породами. Однако общее распределение молибдена в штокверках относительно равномерное – значение коэффициента вариации содержания находится в пределах 50–100 %. Контуры рудных тел, как правило, не имеют геологических границ и выделяются по данным опробования.

Пласто- и линзообразный тип месторождений представлен скарновыми и грейзенными залежами, которые по форме и размерам рудных тел, а также по распределению в них полезных компонентов, с одной стороны, приближаются к типу крупных штокверковых месторождений, с другой – к небольшим месторождениям жильного типа. Скарновые рудные залежи обычно залегают в экзоконтакте гранитоидных массивов, на контакте между вмещающими породами карбонатного и алюмосиликатного составов. Наиболее выдержанные залежи приурочены к мощным зонам дробления, к пластам карбонатных пород среди алюмосиликатных или алюмосиликатных среди карбонатных. В непосредственном контакте гранита с карбонатными породами крупные скарновые рудные тела образуются реже.

Формы скарновых рудных тел разнообразны. В одних случаях это круто- и (или) пологопадающие моноклиналильные пласты и линзы, в других – сложно изогнутые тела, повторяющие складки вмещающих пород или сложный характер контакта интрузива с вмещающими породами, с раздувами в замковых частях складок и местах повышенной трещиноватости и пережимами на крыльях складок и участках менее деформированных пород. Размеры рудных скарновых тел варьируют в весьма широких пределах – протяженность от нескольких десятков до сотен метров и даже километров, мощность от долей до десятков метров.

Пласто- и линзообразная форма характерна также и для многих грейзеновых рудных тел. Обычно это тела небольших размеров, залегающие в апикальных частях гранитов кислого состава: полого- и крутопадающие линзы и зоны мощностью от нескольких десятков сантиметров до первых метров. Редко, например на месторождении Югодзырь (Монголия), пологозалегающие зоны грейзенов мощностью в 3–5 м, прослеживаются на сотни метров (до первых километров).

Жильный тип представлен преимущественно мелкими месторождениями. Это серии параллельных кварцевых жил одного, двух, редко более направлений. Морфология жил весьма разнообразная – простые плитообразные тела с выдержанным простиранием и падением, но гораздо чаще жилы сложной морфологии – с невыдержанным, меняющимся простиранием и падением, линзующиеся, ветвящиеся, с раздувами и пережимами, нарушенные пострудной тектоникой; иногда встречаются столбообразные кварцевые тела. Мощности жил колеблются от долей метра до нескольких метров; протяженность – от десятков до сотен метров. На глубину оруденение может распространяться до 600–800 м.

Распределение молибдена и сопутствующих компонентов редко бывает равномерным, чаще оно очень невыдержанное, коэффициент вариации содержаний колеблется в пределах 120–150 %, реже бывает выше. Для жил весьма характерно наличие рудных столбов, образование которых связано с особенностями тектонических условий развития оруденения. Нередко это места увеличения мощностей жил в области их перегиба, узлы пересечения или места сопряжения разрывных структур разных направлений и др.

Месторождения типа брекчиевых трубок и более сложных тел развиты довольно широко. При этом нередко рудные тела этого типа встречаются в штокверковых место-

рождениях в сочетании с вкрапленно-прожилковым оруденением, составляя до 10–15 % от общих запасов руды. Однако имеются месторождения, в которых брекчиевый тип руд является единственным или главенствующим. Морфологически это трубо- и столбообразные тела, зоны, линзы, образования более сложных и неправильных форм. В одних случаях границы рудных тел четкие, в других – расплывчатые и устанавливаются опробованием, так же как и в случае штокверковых месторождений.

Нередко в одном месторождении присутствует оруденение не одного, а разных типов – штокверкового, жильного и брекчиевого (Жирекенское, Сорское), штокверкового и пласто-линзообразного (Тырныаузское) и др. Поэтому промышленный тип месторождения определяется по характеру ведущей минерализации или может быть смешанным – жильно-штокверковым, штокверково-брекчиевым, пластово-штокверковым и т.п.

Таблица 2

**Промышленные типы месторождений молибденовых руд**

| Промышленный тип месторождений | Рудно-формационный тип месторождений                                    | Природный (минеральный) тип руд  | Содержание Мо в рудах, %           | Попутные компоненты        | Промышленный (технологический) тип руд   | Примеры месторождений                 |
|--------------------------------|---|----------------------------------|------------------------------------|----------------------------|--|---------------------------------------|
| 1                              | 2   | 3                                | 4                                  | 5                          | 6  | 7                                     |
| Штокверковый (грейзеновый)     | Молибденовый штокверковый в гранитоидах                                 | Молибденитовый                   | 0,05–0,25                          | Cu, Pb, Zn, Bi             | Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)                        | Бугдалинское, Жирекенское             |
|                                | Вольфрам-молибденовый штокверковый в гранитоидах                        | Шеелит-вольфрамит-молибденитовый | 0,03–0,10 (WO <sub>3</sub> до 0,6) | Cu, Bi                     | Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационно-гравитационный) | Коктенкольское                        |
|                                | Медно-молибденовый штокверковый в монцоноидах, гранодиоритах и гранитах | Халькопирит-молибденитовый       | 0,00n–0,0n (Cu до 0,3)             | Au, Ag, Se, Tl, Bi, Re, Ge | Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)                  | Сорское, Каджаранское и др. (Армения) |

| 1                          | 2  | 3                          | 4  | 5                      | 6  | 7                          |
|----------------------------|--|----------------------------|--|------------------------|--|----------------------------|
| Пластообразный (скарновый) | Вольфрам-молибденовый пластово-залежный скарновый                                | Шеелит-молибденитовый      | 0,003–0,2<br>(Cu до 0,3; WO <sub>3</sub> до 0,8) | Cu, Bi, Se, Tl, Au, Ag | Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, флотационный)               | Тырныузское                |
|                            | Медно-молибденовый пластово-залежный скарновый                                   | Халькопирит-молибденитовый | 0,004<br>(Cu до 0,3)                             | Se, Tl, Au, Ag, Sn, Bi | Металлургический медно-молибденовый (сортировочный, флотационный)                  | Киялых-Узеньское           |
| Жильный                    | Молибденовый жильный в биотитовых и рогово-обманковых гранитах и гранит-порфирах | Молибденитовый             | 0,1–0,9  | Pb, Zn, Ag, Bi         | Металлургический молибденовый (сортировочный, флотационный)                        | Шахтаминское, Умальтинское |
|                            | Вольфрам-молибденовый жильный в лейкократовых гранитах                           | Вольфрамит-молибденитовый  | 0,05–0,4<br>(WO <sub>3</sub> до 2,0)             | Sn, Bi, Sc             | Металлургический вольфрам-молибденовый (сортировочный, гравитационно-флотационный) | Калгутинское               |

## II. Группировка месторождений по сложности геологического строения для целей разведки

7. Необходимая и достаточная степень детальности изучения месторождений молибденовых руд в процессе разведки определяется в зависимости от сложности их геологического строения.

По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения молибдена месторождения молибденовых руд соответствуют 2-й и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ре-

сурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными:

крупными штокверками простой или сложной формы, с внутренним строением, характеризующимся чередованием промышленных руд с безрудными участками и некондиционными рудами (Жирекенское, Орекитканское в России; Агаракское и Каджаранское в Армении);

крупными пласто- и штокообразными скарновыми залежами сложной формы или с неравномерным распределением молибдена (Тырныаузское);

крупными протяженными жилами сравнительно устойчивой небольшой мощности (Восточно-Коунрадское, Казахстан).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам жилами (Шахтаминское; Северо-Коунрадское в Казахстане), оруденелыми зонами, жило- и линзообразными скарновыми залежами (Южно-Янгиканское и Каратас 1 в Казахстане) небольшой или резко изменчивой мощности с весьма неравномерным распределением молибдена.

Месторождения (участки) молибденовых руд 4-й группы Классификации, представленные мелкими жилами, небольшими линзами, трубками, гнездами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения, как правило, не имеют и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями.

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

9. С целью более объективного отнесения месторождений к соответствующей группе сложности геологического строения могут использоваться и количественные показатели изменчивости основных свойств оруденения: коэффициент рудоносности, коэффициент вариации мощности рудных тел и содержаний в них полезных компонентов, показатель сложности рудных тел (см. приложение).

### **III. Изучение геологического строения месторождений**

**и**

#### **вещественного состава руд**

10. 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 молибденовых руд обычно составляются в масштабах 1:1000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, шахты, штольни, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в 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.



11. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:1000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, 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  $P_1^*$ .

12. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и мелкими 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 (в том числе зоны вторичного обогащения медно-молибденовых месторождений), степень окисленности руд и изменения содержания в них молибдена (меди и др.), вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

13. Разведка месторождений молибденовых руд на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками (месторождений очень сложного строения – 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 на разведанных месторождениях по категориям  $B$ ,  $C_1$  и  $C_2$ , соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей месторождений с учетом возможностей горных, буровых, геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе технических средств разведки, методов и способов опробования следует учитывать, что все минералы, с которыми связаны промышленные концентрации молибдена, и в особенности главный – молибденит, ввиду слабой механической прочности обладают высокой способностью к выкрашиванию, что может привести к искажению результатов опробования скважин и горных выработок. Поэтому степень избирательного истирания при бурении и выкрашивания при отборе бороздовых проб должна быть изучена применительно к различным типам руд и осуществлены меры, обеспечи-

---

\* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами, отвечающими требованиям инструкций к картам этого масштаба, а также другие графические материалы, обосновывающие комплексную оценку прогнозных ресурсов полезных ископаемых района. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

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.

вающие достоверное определение содержаний молибдена и мощностей рудных интервалов.

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

14. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем 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 и 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.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний молибдена и мощностей рудных интервалов должна быть определена с учетом возможности его избирательного истирания, которое может иметь место и при высоком выходе керна, чему способствует, кроме хрупкости минерала – молибденита, его высокая флотуемость. Для этого, в первую очередь, следует для каждой разновидности руд сопоставить результаты опробования керна, шлама и мути, а также сравнить средние содержания молибдена при различных выходах керна.

Если в классе проб с пониженным выходом керна содержание молибдена ниже среднего, установленного по пробам с высоким выходом керна, это означает, что избирательно истирается молибденит. При этом содержание его в шламе и мути должно быть выше, чем в кернах. Для установления величины избирательного истирания керна результаты его опробования сопоставляются с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. В случаях низкого выхода керна или его избирательного истирания следует применять другие технические средства разведки. При несущественном искажении содержаний молибдена в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных, полученных в контрольных выработках – скважинах ударного бурения, в подземных выработках по валовым и бороздовым большого сечения пробам, а также геофизического опробования.

Для повышения достоверности и информативности бурения необходимо использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении.

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

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

15. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также служат для контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб. Сплошность рудных тел и изменчивость оруденения по их простиранию и падению должны быть изучены в достаточном объеме на представительных участках: по маломощным рудным телам жильного типа – непрерывным прослеживанием штреками и восстающими, а по мощным рудным телам и штокверкам – пересечением ортами, квершлагами, подземными горизонтальными скважинами.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного выкрашивания молибденсодержащих минералов при отборе бороздовых проб и истирания при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных бороздового и скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участке детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных при составлении ТЭО разведки к первоочередной отработке.

16. 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 характера распределения молибдена.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений молибденовых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. На штокверковых месторождениях с крупными рудными телами простой формы можно ограничиться проходкой единичных подземных выработок, используя их одновременно в качестве контрольных для колонковых скважин, или бурением скважин большого диаметра. 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.

17. Участки и горизонты месторождения, намеченные к первоочередной отработке, должны быть разведаны наиболее детально. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы – категории С<sub>1</sub>. При этом сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С<sub>1</sub>.

Таблица 3

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений молибденовых руд стран СНГ**

| Группа месторождений | Характеристика рудных тел   | Вид выработок   | Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м |            |                |            |
|----------------------|---|-----------------|--|------------|----------------|------------|
|                      |   |                 | В  |            | С <sub>1</sub> |            |
|                      |   |                 | по простиранию   | по падению | по простиранию | по падению |
| 1                    | 2   | 3               | 4  | 5          | 6              | 7          |
| 2-я                  | Крупные штокерки простой формы с изменчивым внутренним строением  | Штольни, штреки | –  | 60–80      | –              | –          |
|                      |   | Орты, рассечки  | 100–120  | –          | –              | –          |
|                      |   | Восстающие      | 100–120  | –          | –              | –          |
|                      |   | Скважины        | 100–120  | 100–120    | 100–200        | 100–200    |
|                      | Крупные штокерки сложной формы с изменчивым внутренним строением  | Штольни, штреки | –  | 60–80      | –              | –          |
|                      |   | Орты, рассечки  | 50–60  | –          | –              | –          |
|                      |   | Восстающие      | 100–120  | –          | –              | –          |
|                      |   | Скважины        | 50–60  | 50–60      | 100–120        | 100–120    |
|                      | Крупные пластообразные, штокообразные скарновые залежи сложной формы или с неравномерным распределением молибдена                                   | Штольни, штреки | –  | 60–80      | –              | –          |
|                      |   | Орты, рассечки  | 20–30  | –          | –              | –          |
|                      |   | Восстающие      | 100–120  | –          | –              | –          |
|                      |   | Скважины        | 40–60  | 40–50      | 80–120         | 80–100     |
|                      | Крупные протяженные жилы или оруденелые зоны непостоянной, сравнительно небольшой мощности или с неравномерным распределением молибдена             | Штольни, штреки | –  | 60–80      | –              | –          |
|                      |   | Орты, рассечки  | 10–20  | –          | –              | –          |
|                      |   | Восстающие      | 100–120  | –          | –              | –          |
|                      |   | Скважины        | 40–60  | 40–50      | 80–120         | 80–100     |
| 3-я                  | Средние по размерам жилы, жилообразные скарновые залежи небольшой или резко изменчивой мощности или с весьма неравномерным распределением молибдена | Штольни, штреки | –  | –          | –              | 40–60      |
|                      |   | Орты, рассечки  | –  | –          | 10–20          | –          |
|                      |   | Восстающие      | –  | –          | 60–120         | –          |
|                      |   | Скважины        | –  | –          | 30–60          | 30–50      |

П р и м е ч а н и е. На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С<sub>2</sub> по сравнению с сетью для категории С<sub>1</sub> разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

При использовании интерполяционных методов подсчета запасов (геостатистика, метод обратных расстояний и др.) на участках детализации необходимо обеспечить

плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

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

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

На месторождениях штокверкового типа, оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, на основании определения пространственного положения участков кондиционных руд должна быть оценена возможность их селективной выемки.

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

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

19. 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.

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

На месторождениях молибденовых руд целесообразно применение ядерно-геофизических методов в качестве рядового опробования. Ядерно-геофизическое опробование должно предусматривать дифференциальную интерпретацию с определением содержания в интервалах 5–10 см и последующую обработку данных для определения контрастности руд с целью прогнозной оценки радиометрической обогатимости в соответствии с соответствующими методическими документами.

Применение геофизических методов опробования и использование их результатов при подсчете запасов регламентируется «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья», утвержденными распоряжением МПР России № 37-р от 05.06.2007.

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

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

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

– сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов или обосновывается на новых объектах экспериментальным путем. 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 условиями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы 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. Она не должна превышать установленные условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включенных в контуры балансовых руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При колонковом бурении должны быть установлены минимально допустимый для подсчета запасов выход керна, а величина линейного выхода керна – систематически контролироваться весовым (сравнением теоретической и фактической массы керна) или объемным способом. При этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно, при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.), мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов молибдена деление керна при опробовании на половинки не производится.

В горных выработках, пересекающих рудное тело на всю мощность, и в восстающих опробование должно проводиться по двум стенкам, в выработках, пройденных по простиранию рудного тела, – в забоях. Расстояние между опробуемыми забоями в прослеживающих выработках обычно не превышает 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 необходимо обосновать экспериментальными работами.

Должны быть также проведены работы по изучению возможного выкрашивания молибденсодержащих минералов при принятом для горных выработок способе опробования, особенно на участках трещиноватых руд и руд с прожилковым оруденением.

22. Качество опробования по каждому 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, кернавого 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.

Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением его данных с данными геологического опробования при высоком выходе керна по опорным интервалам, для которых доказано отсутствие его избирательного истирания.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, как правило валовым, в соответствии с 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. 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.

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

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

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

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

ми или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

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

Все рядовые пробы анализируются на молибден (общий и окисленный), а в комплексных рудах также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (медь, вольфрам и др.).

Другие полезные компоненты (рений, селен, теллур, золото, серебро, сера 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 и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел.

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

25. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ, 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.

26. 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, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

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

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

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



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

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего геологического 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.

Таблица 4

**Предельно допустимые относительные среднеквадратические погрешности анализов по классам содержаний**

| Компонент       | Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*) | Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, % | Компонент | Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, Re, Se, Te, г/т)*) | Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, % |
|-----------------|--|--|-----------|--|--|
| 1               | 2  | 3  | 4         | 5  | 6  |
| Mo              | >1   | 3,5  | Au        | 4–16   | 18   |
|                 | 0,5–1  | 6  |           | 1–4  | 25   |
|                 | 0,2–0,5  | 8,5  |           | 0,5–1  | 30   |
|                 | 0,1–0,2  | 13   |           | <0,5   | 30   |
|                 | 0,05–0,1   | 18   | Ag        | 10–30  | 15   |
|                 | 0,02–0,05  | 23   |           | 1,0–10   | 22   |
| WO <sub>3</sub> | 1–2  | 8  |           | 0,5–1,0  | 25   |
|                 | 0,5–1  | 9  | Re        | >40  | 18   |
|                 | 0,2–0,5  | 12   |           | 20–40  | 19   |
|                 | 0,1–0,2  | 16   |           | 10–20  | 22   |
|                 | 0,05–0,1   | 18   |           | 5–10   | 24   |
|                 | 0,02–0,05  | 25   |           | 1–5  | 25   |
|                 |  |  |           | 0,5–1  | 30   |
| Cu              | 1–3  | 5,5  |           | 0,1–0,5  | 30   |
|                 | 0,5–1  | 8,5  |           | 0,01–0,1   | 30   |
|                 | 0,2–0,5  | 13   | Se        | 50–100   | 20   |
|                 | 0,1–0,2  | 17   |           | 20–50  | 21   |
|                 | 0,05–0,1   | 25   |           | 5–20   | 28   |
|                 | 0,01–0,05  | 30   |           | 1–5  | 30   |
|                 |  | Te   |           | 50–100   | 18   |
| 0,5–1           | 7,5  |  |           | 20–50  | 21   |
| 0,2–0,5         | 10   |  | 5–20      | 28   |  |
| 0,1–0,2         | 15   |  | 1–5       | 30   |  |
| 0,05–0,1        | 20   |  |           |  |  |
| Sn              | 0,025–0,05   | 25   | As        | >2   | 2,5  |
|                 |  |  |           | 0,5–2  | 5  |
|                 |  |  |           |  |  |
| Bi              | 0,6–1  | 8,5  |           |  |  |
|                 | 0,2–0,6  | 11   |           |  |  |

| 1 | 2          | 3   | 4                             | 5          | 6  |
|---|------------|-----|-------------------------------|------------|----|
|   | 0,05–0,2   | 15  |                               | 0,05–0,5   | 13 |
|   | 0,02–0,05  | 20  |                               | 0,01–0,05  | 25 |
|   | 0,005–0,02 | 30  |                               | <0,01      | 30 |
| S | 20–30      | 1,5 | P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> | >0,3       | 7  |
|   | 10–20      | 2   |                               | 0,1–0,3    | 9  |
|   | 2–10       | 6   |                               | 0,05–0,1   | 12 |
|   | 1–2        | 9   |                               | 0,01–0,05  | 20 |
|   | 0,5–1      | 12  |                               | 0,001–0,01 | 28 |
|   | 0,3–0,5    | 15  |                               |            |    |

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

29. 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.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, разработать мероприятия по устранению, 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.

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

31. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа. При этом наряду с описанием отдельных минералов производится также количественная оценка их распространения.

Особое внимание уделяется молибденсодержащим минералам, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), размеров зерен и соотношений различных по крупности классов.

Для выяснения степени окисленности первичных руд и установления границ зоны окисления, а также изучения распределения полезных компонентов по минеральным формам в зоне окисления следует выполнять фазовые анализы.

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

32. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных прослоев.

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

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

33. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие селективной выемке и отдельной переработке.

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

#### **IV. Изучение технологических свойств руд**

34. 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 их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

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).

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

Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и сортов 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.

На 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 химической переработки. При этом важно определить такую степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие молибденитовых чешуек при минимальном ошламовании и попадании их в хвосты.

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

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные 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.

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

36. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сепарации. В соответствии с соответствующими методическими документами должны быть установлены физические признаки, которые могут быть использованы для разделения рудной массы, покусовая контрастность руды, оценены показатели радиометрического обогащения при различных значениях граничных содержаний рудных компонентов. При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, а также определить оптимальную схему радиометрического обогащения. Дальнейшие испытания способов переработки руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд радиометрической сепарации; уточняются данные по дробимости и измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения. Устанавливаются основные показатели радиометрического обогащения – выход хвостов и концентрата, извлечение и содержание в них молибдена, коэффициент обогащения.

37. При исследовании обогатимости молибденовых руд изучают степень их 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 оптимальную крупность измельчения. Определяют спо-

собы обогащения и доводки молибденовых концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

Для получения товарной продукции (молибденовых концентратов) руды подвергаются механическому обогащению (флотации). Флотационная способность молибденита настолько велика, что даже при весьма низком содержании молибдена в исходной руде извлечение его в товарный концентрат составляет обычно не менее 80 %, достигая 90–91 %.

Практикой работы горно-обогатительных предприятий в России и за рубежом установлено, что промышленным является содержание молибдена от 0,005 % в комплексных рудах крупнейших меднопорфировых месторождений, 0,06–0,07 % в собственно молибденовых штокверковых до 1,5 % в молибденовых рудах жильных месторождений.

Собственно молибденовые руды обогащаются по простым схемам, комплексные – по сложным, что связано с получением из них попутных концентратов. На выбор схем влияет крупность вкраплений минералов, их состав и минеральная форма молибдена, а также присутствие минералов, содержащих вредные примеси (фосфор, медь, мышьяк, олово). Наличие в рудах графита и талька, которые флотируются совместно с молибденитом, снижает качество молибденового концентрата.

Сульфидные молибденовые руды флотируют при грубом измельчении (45–55 % размером  $-0,074$  мм) с получением отвальных хвостов и черновых молибденовых концентратов, которые подвергаются многократному доизмельчению (80–90 %  $-0,074$  мм) с перечистными операциями между стадиями измельчения. Флотацию проводят в содовой среде ( $\text{pH} = 8,5$ ) с использованием в качестве собирателей углеводородных аполярных реагентов и пенообразователей. В результате получают товарный молибденовый концентрат и хвосты, из которых гравитационными, магнитными и флотационными методами извлекают попутные компоненты.

При флотации медно-молибденовых руд основная масса молибдена извлекается в медный концентрат при обычном для медной флотации реагентном режиме. Коллективный концентрат разделяется на медный и молибденовый путем пропарки с сернистым натрием при депрессировании медных минералов и последующей флотации молибденита. В случае когда из-за низких содержаний молибдена в коллективном концентрате не удастся получить кондиционный молибденовый концентрат, применяется гидрометаллургическая переработка.

Вольфрам-молибденовые руды испытывают по гравитационно-флотационной и флотационной схемам, так как наличие в руде вольфрамита, ферберита и гюбнерита требует проведения в начале процесса гравитационного цикла (винтовая сепарация, концентрация на столах, реже тяжелые суспензии). При тонкой вкрапленности вольфрамовых минералов их извлекают гравитацией из хвостов сульфидной флотации. Доводка такого вольфрамового концентрата проводится с использованием магнитной сепарации.

Из скарных шеелитсодержащих руд молибденит флотируется в первую очередь. Шеелит извлекается из хвостов молибденовой флотации жирнокислотными собирателями. Доводку шеелитового концентрата проводят по методу Петрова.

При наличии в молибденовых рудах повеллита его извлекают из хвостов сульфидной молибденовой флотации с использованием жирнокислотных собирателей. Черновой повеллитовый концентрат подвергается доводке с получением окисленных молибденовых продуктов, содержащих 15–20 % Мо при извлечении около 60 %. Некондиционные

промпродукты подвергаются гидрометаллургической переработке, при этом извлечение молибдена в раствор составляет 80–85 %.

Технология обогащения окисленных руд, содержащих молибдит, ферромolibдит и молибден в лимоните к настоящему времени не разработана.

Кондиционирование молибденовых концентратов по вредным примесям проводят путем их гидрометаллургической обработки путем выщелачивания:

меди вторичных сульфидов – растворами цианида натрия;

меди халькопирита и мышьяка – горячим раствором хлорного железа;

серы – сульфидами аммония с последующим обжигом;

мышьяка и фосфора – окисдированием фосфата и арсената железа осадками гидроксидов  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ .

В последние десятилетия совершенствование процесса переработки молибденовых руд шло по пути создания безотходных или малоотходных технологий с максимально полным извлечением не только основных, но и попутных компонентов в условиях частичного или полного водооборота. Перспективным направлением является кучное и чановое биохимическое выщелачивание, где выщелачивающим реагентом является накопительная культура ацидофильных тионовых бактерий.

Товарными молибденовыми концентратами являются концентраты, содержащие более 45 % молибдена. Промпродукты, получаемые на обогатительных фабриках с более бедным содержанием молибдена (10–40 %) и некондиционные по составу вредных примесей, проходят дальнейшее обогащение на доводочных фабриках с использованием флотационной технологии или гидрометаллургических методов.

Товарные концентраты направляют на специализированные заводы, где они подвергаются переработке на ферромolibден, триоксид молибдена, молибдат кальция и другие продукты.

Качество молибденовых концентратов в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Ориентировочные технические требования к концентратам и областям их применения указаны в таблице 5.

38. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и 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, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.). Качество концентратов должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям.

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 должна быть распределена пропорционально массе металла в концентратах и хвостах. Показатели переработки сравнивают с показателями, получаемыми на современных обогатительных фабриках и предприятиях по переработке молибденовых руд.

**Марки молибденовых концентратов и области их применения.**

| Марка | Наименование и характеристика                               | Содержание, %       |                    |      |      |      |      |                   |                 |   | Преимущественные области применения  |
|-------|---|---------------------|--------------------|------|------|------|------|-------------------|-----------------|---|--|
|       |   | молибдена, не менее | примесей, не более |      |      |      |      |                   |                 |   |  |
|       |   |                     | SiO <sub>2</sub>   | As   | Sn   | P    | Cu   | Na <sub>2</sub> O | WO <sub>3</sub> | Sb  |  |
| КМГ-В | Концентрат молибденовый гидрометаллургический высшего сорта | 58                  | 0,3                | 0,03 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,8               | 2,0             | 0,01  | Для производства ферромolibдена и вольфрамсодержащих лигатур на основе молибдена |
| КМГ-1 | Концентрат молибденовый гидрометаллургический первого сорта | 56                  | 0,4                | 0,04 | 0,01 | 0,01 | 0,01 | 0,8               | 4,5             | 0,01  | То же  |
| КМГ-2 | Концентрат молибденовый гидрометаллургический второго сорта | 54                  | 0,7                | 0,07 | 0,01 | 0,02 | 0,02 | 1,0               | 5,0             | 0,01  | „  |
| КМФ-В | Концентрат молибденовый флотационный высшего сорта          | 52                  | 4,0                | 0,03 | 0,02 | 0,02 | 0,4  | Не нормируется    |                 | Для производства дисульфида молибдена и солей молибдена                             |  |
| КМФ-1 | Концентрат молибденовый флотационный первого сорта          | 51                  | 5,0                | 0,04 | 0,02 | 0,02 | 0,4  | Не нормируется    |                 | Для производства ферромolibдена, дисульфида молибдена и солей молибдена             |  |
| КМФ-2 | Концентрат молибденовый флотационный второго сорта          | 48                  | 7,0                | 0,05 | 0,04 | 0,03 | 0,7  | Не нормируется    |                 | Для производства ферромolibдена и солей молибдена                                   |  |
| КМФ-3 | Концентрат молибденовый флотационный третьего сорта         | 47                  | 9,0                | 0,06 | 0,05 | 0,05 | 1,0  | Не нормируется    |                 | Для производства ферромolibдена, технического триоксида молибдена и солей молибдена |  |
| КМФ-4 | Концентрат молибденовый флотационный четвертого сорта       | 45                  | 11,0               | 0,07 | 0,07 | 0,05 | 2,0  | Не нормируется    |                 | Для производства технического триоксида молибдена и солей молибдена                 |  |

**Примечания:**

1. Суммарное содержание влаги и масла во флотационных концентратах всех марок не должно превышать 8 %, в том числе влаги 4 %.
2. Суммарное содержание щелочных металлов (калия и натрия) в концентратах, используемых для производства молибденовокислого аммония, должно быть не более 0,4 % в марке КМФ-2 и не более 0,5 % в марке КМФ-3.

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.

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

39. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо 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 утилизации дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;

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

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

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

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

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.

40. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основ-



ных параметров карьера 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 характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

Учитывая, что месторождения молибденовых руд связаны в основном с изверженными породами (граниты, гранитоиды) и эффузивами среднего состава, т.е. комплексами пород, характеризующимися высокой прочностью и хрупкостью, особое внимание следует уделить оценке тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, мощности, степени и характеру дробления пород и руд заполнителя нарушений, оценке возможности водопритоков по нарушениям как по простиранию, так и падению, оценке структурной блочности массива.

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 подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных его параметров.

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.

41. Разработка месторождений молибденового сырья производится открытым, подземным и комбинированным способами. Перспективным направлением в отработке молибденовых месторождений являются скважинные технологии добычи (СТД): скважинное подземное выщелачивание (СПВ) и скважинная гидродобыча (СГД). Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций.

Молибденовые месторождения штокверкового типа с выходом на дневную поверхность или залегающие неглубоко (до 100 м), разрабатываются открытым способом – карьерами первой очереди до глубины 300 м и второй очереди до глубины 600 м (Жирекенское, Сорское в России, Квеста в США). Глубокозалегающие (200–900 м) месторождения

(Клаймакс, Гендерсон в США) разрабатываются подземным способом, системой массового обрушения.

Месторождения жильного, гнездо- и пластообразного типов в основном разрабатываются подземным способом следующими системами: с креплением и закладкой очистного пространства, с открытым выработанным пространством и магазинированием руды, с массовым обрушением (месторождения Умальтинское, Восточно-Коунрадское, Тырнаузское и др.).

Пластообразное скарновое Тырнаузское месторождение отрабатывается главным образом подземным способом; частично на самых верхних горизонтах применялся открытый способ. В начале эксплуатации месторождения Клаймакс самые верхние его части, выходящие на дневную поверхность, также отрабатывались карьером, однако основная разработка ведется подземным способом.

Величина потерь и разубоживания, как правило, зависит от принятого способа и системы разработки и горно-геологических условий. Потери составляют: при подземной отработке 10–25 %, при открытом способе – 4–6 %, разубоживание – при системах с магазинированием, креплением и закладкой – до 50 %, при массовом обрушении – 15–20 %, при открытом способе – 5–10 %.

Геотехнологические способы добычи позволяют эффективно отрабатывать самые мелкие месторождения, характеризующиеся сложными горно-геологическими и гидрогеологическими условиями, дорабатывать запасы за контуром карьеров и шахтных полей, под поверхностью водоемов, в болотистых местностях.

Скважинные технологии добычи полезных ископаемых характеризуются меньшим объемом инвестиций в освоение месторождений, более низкими эксплуатационными затратами, меньшими сроками строительства рудников СТД и окупаемости капитальных вложений по сравнению с добычей традиционными методами.

В процессе разведки месторождения необходимо обосновать:

выбор способа отработки запасов;

применяемые системы отработки и методы добычи, оптимальную производительность рудника и средства механизации;

величины потерь и разубоживания, необходимые условия для их минимизации;

кондиционные параметры и расчетные величины, необходимые для подсчета запасов (граничный и контурный коэффициенты вскрыши, высота уступа карьера, глубина открытой и подземной отработки, минимальная мощность рудного тела и максимальная мощность пустых прослоев, включаемых в подсчет запасов).

42. Основная цель геоэкологических 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 воздействий 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.

Специфика техногенных источников воздействия при эксплуатации месторождений молибденовых руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве ведущего метода обогащения, присутствием в качестве примесей свинца, цинка и других экологически вредных компонентов.

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

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

44. По районам новых месторождений необходимо указать площади с отсутствием залежей полезных ископаемых для размещения объектов производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалов пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов, а также о возможности использования в качестве строительных материалов вскрышных или вмещающих пород изучаемого месторождения.

45. 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.

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

47. 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**

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

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

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

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

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

общностью горнотехнических условий разработки. По падению рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов;

при невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество балансовых и забалансовых руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

50. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений молибденовых руд.

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

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

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. При невозможности геометризации количество и качество промышленных типов руд в блоке определяются статистически.

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, типичных форм 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 в соответствии с требованиями Классификации к данной категории.

К категории С<sub>1</sub> относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На штокверковых месторождениях при невозможности геометризации рудных тел количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяются статистически.

Контур запаса категории С<sub>1</sub>, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

Запасы категории С<sub>2</sub> подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний молибдена.

51. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, 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.

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

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

52. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием молибдена («ураганские» 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 содержания молибдена по данным сгущения разведочной сети).

53. 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.

54. 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.

55. 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 ба-

ланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных уполномоченным экспертным органом запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о 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 уполномоченным экспертным органом запасы или качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

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

56. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (концентраций полезного компонента, мощностей рудных пересечений, метропроцентов) и их оценивания, с установлением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям (жильный тип), составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера (штокверки, мощные минерализованные зоны), 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  $1/4$  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 обработки 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.

57. 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 условиями; 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.

58. 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.

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

## **VII. Степень изученности месторождений (участков месторождений)**

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

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

60. На оцененных месторождениях молибденовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выяв-

лены общие масштабы месторождения, выделены наиболее перспективные участки для обоснования последовательности разведки и последующей отработки.

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

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

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

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

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

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

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

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

61. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для



разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

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

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

запасы других совместно залегающих полезных ископаемых (включая породы вскрыши и подземные воды) с содержащимися в них компонентами, отнесенные на основании кондиций к балансовым, изучены и оценены в степени, достаточной для определения их количества и возможных направлений использования;

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

достоверность данных о геологическом строении, условиях залегания и морфологии рудных тел, качестве и количестве запасов подтверждена на представительных для всего месторождения участках детализации, размер и положение которых определяются недропользователем в каждом конкретном случае в зависимости от их геологических особенностей;

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

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

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

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

### **VIII. Пересчет и переутверждение запасов**

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

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

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

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 ( $l_p$ ) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения –  $l_o$ ):

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

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

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

Коэффициент вариации мощности и коэффициент вариации содержания (в %) вычисляются общеизвестными способами по сумме разведочных данных:

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

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100, \quad (1.4)$$

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

Обобщенные ориентировочные предельные значения показателей сложности строения рудных тел по месторождениям 1-, 2-, 3- и 4-й групп сложности приведены в таблице.

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

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

