

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

**Вольфрамовые 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. Вольфрамовые 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 (вольфрамовых 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 вольфрамовых 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. В о л ь ф р а м – серебристо-белый металл, имеющий плотность 19,3 г/см<sup>3</sup> и обладающий самой высокой тугоплавкостью (температура плавления – 3395±15 °С, кипения – 5930 °С).

Высокая температура плавления и химическая стойкость, эмиссионная способность и светоотдача в накалинном состоянии, повышенная механическая прочность в холодном и горячем состояниях, способность образовывать очень твердые и изнаноустойчивые соединения (карбиды и бориды) и другие специфические свойства определили широкое применение вольфрама при производстве качественных сталей (как легирующей добавки), твердых, кислотоупорных и других специальных сплавов, а также в электротехнике, радиоэлектронике и других отраслях промышленности.

4. Вольфрам по распространенности в земной коре занимает 28-е место, его кларк  $(1-1,3) \cdot 10^{-4} \%$  (по массе).

Вольфрам входит в состав 22 минералов; промышленное значение имеют только минералы группы вольфрамита и шеелит (табл. 1).

Таблица 1

**Главнейшие минералы вольфрама**

Минерал	Химический состав (формула)	Содержание WO <sub>3</sub> , %	Плотность, г/см <sup>3</sup>
1	2	3	4
Ферберит	FeWO <sub>4</sub>	76,3	7,5
Вольфрамит	(Fe, Mn) WO <sub>4</sub>	76,5	7,1–7,5
Гюбнерит	MnWO <sub>4</sub>	76,6	7,1
Шеелит	CaWO <sub>4</sub>	80,6	5,8–6,2

Вольфрамит представляет собой изоморфную смесь вольфрамов железа и марганца; при преобладании вольфрамата железа (>80 %) минерал называется ферберитом,

а при преобладании вольфрамата марганца – гюбнеритом. В природе чистые ферберит и гюбнерит встречаются очень редко.

Минералы группы вольфрамита окрашены в черный, коричневый или красновато-коричневый цвет. В вольфрамитах иногда в значительных количествах содержатся примеси тантала (до 1,6 %  $Ta_2O_5$ ), ниобия (до 2,3 %  $Nb_2O_5$ ), скандия (до 1 %), реже индия (до 0,016 %  $In_2O_3$ ).

Шеелит представляет собой почти чистый вольфрамат кальция. Цвет минерала белый, желтый, серый или бурый. Шеелит часто содержит примеси молибдена ( $MoO$  до 1,0 %), бария ( $BaO$  до 0,1 %), стронция ( $SrO$  до 0,5 %), редких земель ( $TR_2O_3$  до 1,5 %). В разновидности шеелита – молибдошеелите (зейригите) содержание молибдена достигает 6–16 %. Под воздействием ультрафиолетовых лучей шеелит флюоресцирует синеголубым светом. При содержании молибдена более 1 % флюоресценция приобретает желтую окраску.

Зона окисления вольфрамовых месторождений, как правило, фиксируется по появлению тунгстита  $WO_2(OH)_2$ , купротунгстита  $Cu_2[(OH)_2WO_4]$  или ферритунгстита  $Ca_2Fe_2^{2+}Fe^{3+}[WO_4]_7 \cdot 9H_2O$ .

5. Вольфрамовые руды по ведущему рудному минералу подразделяются на вольфрамитовые и шеелитовые.

подавляющее большинство месторождений вольфрама представлено комплексными рудами. В некоторых из них существенная роль принадлежит нескольким полезным компонентам (Тырныаузское – вольфрам и молибден, Иульгинское – вольфрам и олово, Агылкинское – вольфрам и медь, Караобинское – вольфрам, висмут, молибден, олово). В рудах отдельных месторождений в качестве попутных компонентов учтены молибден, висмут, сера пиритная, золото, серебро, скандий, тантал, ниобий и бериллий, представленные как самостоятельными минералами, так и в виде изоморфных примесей в вольфрамовых минералах. Основными вредными примесями являются пирит, пирротин, арсенопирит, апатит, барит.

В ряде месторождений вольфрам является второстепенным компонентом и добывается попутно с оловом, молибденом, свинцом, цинком, сурьмой, золотом и др.

6. Промышленные типы вольфрамовых месторождений представлены в табл. 2. По запасам месторождения вольфрама подразделяют следующим образом (тыс. т  $WO_3$ ): мелкие – до 30, средние – 30–100, крупные – 100–250, уникальные – свыше 250. Промышленное значение имеют также вольфрамоносные россыпи и коры выветривания\*. В элювиальных и аллювиальных россыпях минералы вольфрама (вольфрамит, реже шеелит) накапливаются в ассоциации с самородным золотом, касситеритом и другими минералами повышенной прочности до концентраций порядка 0,25–1,0 кг/м<sup>3</sup> и более.

---

\* Требования к изученности россыпных месторождений вольфрама регламентируются «Методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных ископаемых к россыпным месторождениям», утвержденными распоряжением МПР России № 37-р от 05.06.2007.

Таблица 2

**Промышленные типы месторождений вольфрамовых руд**

Промышленный тип		Породы, вмещающие оруденение	Промышленный (технологический) тип руд	Содержание WO <sub>3</sub> в рудах, %	Попутные компоненты	Структурно-морфологический тип рудных тел	Примеры месторождений
морфологический	по вещественному составу руд						
1	2	3	4	5	6	7	8
Штокверковый	Шеелит-вольфрамитовый Молибденит-шеелит-вольфрамитовый Молибденит-вольфрамитовый Вольфрамитовый	Граниты и контактово-измененные вмещающие породы	Металлургический вольфрамовый (сортировочный, гравитационный) Металлургический молибден-вольфрамовый (сортировочный, гравитационно-флотационный)	0,15–0,8	Олово, цинк, свинец, медь, золото, серебро, висмут	Изометричные и столбообразные формы, рудные зоны площадью в десятки и сотни тысяч квадратных метров в плане, глубиной до 1000 м и более	Верхне-Кайрактинское, Богутинское (Казахстан); Спокойнинское, Инкурское (Россия); Циновец (Чехия)

1	2	3	4	5	6	7	8
Пласто- и лин- зообраз ный	Молибденит- шеелитовый Шеелитовый	Скарны, терриген- ные, кар- бонатные, силикатно- карбонат- ные поро- ды и амфи- болиты	Металлургический молибден- вольфрамовый (сор- тировочный, флота- ционный) Металлургический вольфрамовый (сор- тировочный, флота- ционный)	0,2–2,0	То же	Залежи поло- го- и крутопа- дающие мощ- ностью до 100 м и более, протяженно- стью до 2 км и более, по падению до 1 км	Тырныауз- ское, Вос- ток-2, Лер- монтов- ское, Кти- Теберда, Скрытое, Агылкин- ское (Рос- сия); Митерзиль (Австрия); Сандонг (КНДР)
Жиль- ный	Касситерит- вольфрамито- вый Молибденит- вольфрамито- вый Вольфрамит- шеелитовый	Граниты, альбитизи- рованные и грейзени- зированные граниты, контакто- во- изменен- ные вме- щающие породы	Металлургический олово- вольфрамовый (сор- тировочный, грави- тационно- магнитный) Металлургический молибден- вольфрамовый (сор- тировочный, грави- тационно- флотационный) Металлургический вольфрамовый с вис- мутом (сортировоч- ный, флотационный)	0,5–2,5	Олово, цинк, сви- нец, медь, золото, се- ребро, вис- мут, ино- гда сурьма и ртуть	Жилы и жиль- ные зоны мощностью до нескольких метров, про- тяженностью до 2 км и бо- лее, по паде- нию до 700 м	Холтосон- ское, Шу- миловское, Букунин- ское Иуль- тинское (Россия); Акчатау- ское, Ка- раобинское (Казахстан)

Более 98 % мировых запасов вольфрама заключено в эндогенных месторождениях, которые по морфоструктурному строению подразделяются на три главных структурно-морфологических типа: штокверковые, пласто- и линзообразные и жильные. Нередко в одном месторождении присутствует оруденение не одного, а разных типов. Промышленный тип месторождения определяется по характеру ведущей (не менее 70 %) минерализации или может быть смешанным – жильно-штокверковым, пластово-штокверковым и т. д. По средним содержаниям  $WO_3$  (%) руды делятся так: богатые – 1–2,5, рядовые – 0,3–1, бедные – 0,15–0,3.

Штокверковые месторождения являются наиболее крупными по запасам вольфрама – от нескольких сотен тысяч тон до 1 млн. т  $WO_3$  (Верхне-Кайрактинское, Казахстан). В то же время эти месторождения характеризуются, в основном, бедными рудами: 0,12–0,18 %  $WO_3$  (Верхне-Кайрактинское, Инкурское). Оруденение представлено прожилковыми и прожилково-вкрапленными шеелитовыми с вольфрамитом рудами в песчано-сланцевых или вулканогенных породах в надынtruзивных зонах гранитов. Кварцевые прожилки с рудными минералами находятся в гидротермально-измененных породах и контролируются трещинами нескольких направлений, среди которых обычно преобладают одно-два, реже более. Менее крупные штокверки расположены в апикальных частях гранитов и представлены прожилково-грейзеновым и грейзеновым оруденением с вольфрамитом. С глубиной это штокверковое оруденение нередко переходит в грейзеновые зоны и кварцево-грейзеновые жилы. Кроме основного полезного компонента могут присутствовать в качестве сопутствующих, обычно раздельно, молибден и олово.

Пласто- и линзообразные месторождения в скарнах, скарноидах, мраморизованных карбонатных породах и амфиболитах располагаются на контакте интрузива гранитоидов и карбонатных пород или в зонах его ближнего и дальнего экзоконтакта.

Вольфрамовое оруденение наиболее часто локализуется в пироксеновых и гранат-пироксеновых скарнах, имеет наложенный характер и зачастую распространяется не на всю их массу, местами выходит за пределы скарнов в мраморизованные известняки, образуя обособленные участки, контролируемые структурными особенностями и минеральным составом скарнов и других пород. Основной промышленный минерал – шеелит. По положению относительно гранитоидных интрузивов выделяются контактовые, межформационные и секущие скарново-рудные тела. Контактные и межформационные рудные тела характеризуются многообразием форм: наиболее распространены пласто-, кармано-, линзообразные; при дополнительных осложнениях возникают корытообразные, седловидные и столбообразные залежи, а также жильно-штокверковые тела (Тырныаузское, Россия; Ингичкинское, Койташское, Узбекистан). В рудах месторождений этого типа содержания  $WO_3$  заметно выше, чем в рудах штокверкового типа.

К этому же промышленному типу относятся грейзеново-скарновые шеелитовые или вольфрамит-шеелитовые месторождения: по геологической позиции и приуроченности к контактам алюмосиликатных и карбонатных пород они аналогичны собственно скарновым образованиям. Их основное отличие – значительное развитие наложенного процесса грейзенизации. В рудах, наряду с относительно высокими концентрациями триоксида вольфрама (до 1–3 %), также присутствуют висмут, медь, золото, серебро, олово, повышающие их промышленную ценность. В России к подобным образованиям можно отнести месторождения Восток-2 и Лермонтовское (Приморский край).

Жильные грейзеновые и кварцево-грейзеновые месторождения характеризуются тесной пространственной и генетической связью с кислыми и ультракислыми лейкократовыми, иногда пегматоидными гранитами. Среди них выделяются локализованные в грейзенах и сопряженных с ними кварцево-полевошпатовых метасоматитах апикальных

частей гранитных массивов; по своей морфологии и условиям залегания эти месторождения аналогичны, как правило, собственно жильным и метасоматическим залежам. В подавляющем числе таких месторождений основным вольфрамсодержащим минералом является вольфрамит, нередко это вольфрамит и шеелит, сопровождаемые минералами грейзенового парагенезиса: кварцем, слюдами, топазом, флюоритом и турмалином.

Вольфрамовое оруденение в грейзеновых месторождениях может совмещаться с оловянным, молибденовым, ниобиевым и танталовым (Акчатауское, Караобинское в Казахстане и месторождения Рудных гор).

Жильные гидротермальные (существенно кварцевые) месторождения различного минерального состава по условиям образования и пространственному положению тяготеют к метаморфически- и гидротермально-измененным породам экзо- и эндоконтактов малоглубинных гранитоидных плутонов, хотя у некоторых из них отсутствует видимая связь с интрузивными образованиями. Содержание триоксида вольфрама в руде этих месторождений колеблется от 0,6 до 1,5 %. К этой группе относятся:

кварцево-вольфрамитовые (иногда с молибденитом и минералами висмута) месторождения. Примерами таких месторождений являются Бом-Горхонское, Калгутинское (Россия), Харбертон и др. (Австралия), месторождения провинции Цзянси (КНР);

кварцево-касситерит-вольфрамитовые месторождения, также приуроченные к экзо- и эндоконтактовым зонам апикальных частей гранитных массивов; залегают среди контактово-преобразованных песчано-сланцевых пород, преимущественно в виде жил или минерализованных зон. К представителям данной группы относятся месторождения Иультинское в России, Кишу в КНДР, Шанцин и другие в КНР, Маучи в Бирме и т. д.;

кварцево-сульфидно-вольфрамитовые (гюбнеритовые) месторождения, в большинстве случаев расположенные в надынтрузивных зонах гранитов, в ассоциации с сериями дайковых пород. Примерами таких месторождений являются Холтосонское и Букукинское (Россия);

кварцево-антимонит-киноварно-вольфрамитовые (ферберитовые, шеелитовые) месторождения, как правило, лишенные видимой связи с интрузивами, но нередко ассоциирующие с дайковыми породами среднего состава или локализирующиеся в полях вулканитов. Характерна их приуроченность к зонам крупных разрывных нарушений. Подобные месторождения известны в России (Барун-Шивеинское и Тамватнейское), США и Боливии.

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

7. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения триоксида вольфрама месторождения вольфрамовых руд соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

К 1-й группе относятся месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными штокверками простой формы и простого внутреннего строения с относительно равномерным распределением триоксида вольфрама (Верхне-Кайрактинское, Казахстан). Размеры: в плане до 1 км<sup>2</sup>, глубина до 1 км.

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными штокверками (Богутинское, Казах-



стан, Инкурское, Спокойненское) и скарновыми залежами (Тырныаузское, Ингичкинское, Восток-2) сложной морфологии или с неравномерным распределением триоксида вольфрама, а также крупными жилами или оруденелыми зонами преимущественно крутого падения с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама (Холтосонское, Акчатауское). Размеры: по простиранию до 1,5 км, по падению до 0,8–1,0 км, мощность – 1–2 м (до 40 м).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними по размерам жилами (Иультинское, Бом-Горхонское), сложными пласто- и линзообразными скарновыми залежами (Лермонтовское, Чорух-Дайронское) с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама. Размеры: по простиранию до 0,8–1,0 км, по падению до 600–700 м, мощность до 1,5–2,0 м.

Месторождения (участки) вольфрамовых руд 4-й группы Классификации, представленные мелкими жилами, небольшими штокообразными залежами, линзами, гнездами или телами с чрезвычайно сложным прерывистым гнездообразным распределением рудных скоплений, самостоятельного промышленного значения не имеют и пригодны лишь для попутной разработки действующими предприятиями (участок Юбилейный Чорух-Дайронского месторождения; отдельные участки Барун-Шивеинского месторождения).

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

### **III. Изучение геологического строения месторождений и вещественного состава руд**

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 вольфрамовых руд обычно составляются в масштабах 1:1000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и 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 масштабах 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 увязки рудных тел и 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 или 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, степень окисленности руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и содержаний триоксида вольфрама и провести подсчет запасов окисленных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

13. Разведка месторождений вольфрамовых 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 обеспечить возможность подсчета запасов на разведанном месторождении по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки и опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний триоксида вольфрама, характер пространственного распределения вольфрамовых минералов, текстурно-структурные особенности руд (главным образом наличие крупных выделений рудных минералов), а также возможное избирательное выкрашивание вольфрамсодержащих минералов (в особенности шеелита) при бурении и опробовании в горных выработках. Следует учитывать также 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, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

---

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

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.

Величина представительного выхода керна для определения содержаний триоксида вольфрама и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных эжекторными и другими снарядами с призабойной циркуляцией промывочной жидкости. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При существенном искажении содержания вольфрама в керновых пробах необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных контрольных выработок.

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

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее 30°.

Для пересечения крутопадающих 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 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 мало-мощным рудным телам – 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 вольфрамсодержащих 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 участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке.

16. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений вольфрамых руд в странах СНГ, могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

17. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны наиболее детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны преимущественно по категориям А+В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгустить, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С<sub>1</sub>.

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.

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

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

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети 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, и условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки.

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

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения

структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. 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 минералоготехнологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

Таблица 3

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений вольфрамовых руд в СНГ**

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов						
			А		В		С <sub>1</sub>		
			по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1-я	Крупные штокверки простой формы и простого строения с относительно равномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	60–80	–	–	–	–	–
		Орты, рассечки	50–60	–	–	–	–	–	–
		Восстающие	100–120	–	–	–	–	–	–
		Скважины	–	–	100–120	100–120	120–200	120–200	–
2-я	Крупные штокверки и скарновые залежи сложной формы или с неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	60–80	–	–	–
		Орты, рассечки	–	–	50–60	–	–	–	–
		Восстающие	–	–	100–120	–	–	–	–
		Скважины	–	–	50–60	50–60	100–120	100–120	–
	Крупные жилы или оруденелые зоны преимущественно крутого падения, с непостоянной мощностью и неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	60–80	–	–	–
		Орты, рассечки	–	–	20–30	–	–	–	–
		Восстающие	–	–	100–120	–	–	–	–
		Скважины	–	–	60–80	40–50	100–120	60–80	–

1	2	3	4	5	6	7	8	9
3-я	Средние по размерам жилы, сложные пласто- и линзообразные скарновые залежи с непостоянной мощностью и весьма неравномерным распределением триоксида вольфрама	Штольни, штреки	–	–	–	–	–	40–60
		Орты, расщелины	–	–	–	–	10–20	–
		Восстающие	–	–	–	–	60–120	–
		Скважины	–	–	–	–	60–80	40–50

**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.

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 и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

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

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

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

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

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментальным путем. Пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными

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

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 сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы раздельно – 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 установленную условиями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются раздельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керн, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При небольшом диаметре бурения и весьма неравномерном распределении минералов вольфрама 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 выработки; в выработках, пройденных по простиранию рудного тела – в забоях. Расстояния между пробами в прослеживаемых выработках обычно не превышают 2–4 м (допустимость увеличения шага опробования должна быть подтверждена экспериментальными данными). В горизонтальных горных выработках при крутом залегании рудных тел все пробы размещаются на постоянной, заранее определенной высоте. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного выкрашивания вольфрамсодержащих минералов (особенно шеелита) и молибденита при принятом для горных выработок способе опробования.

Для изучения возможностей крупнопорционной сортировки руд (порционной контрастности) длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, а для изучения возможностей покусковой сепарации – результаты ядерно-физического опробования (каротажа) должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска, в соответствии с соответствующими нормативно-методическими документами.

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

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

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого 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 скважин и горных выработок контролируется более представительным способом, как правило валовым, руководствуясь соответствующими методическими документами. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

Объем контрольного опробования должен быть достаточным для статистической обработки результатов и обоснованных выводов об отсутствии или наличии систематических ошибок, а в случае необходимости – и для введения поправочных коэффициентов.

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

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

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

25. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими 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 триоксид вольфрама, а также на компоненты, содержание которых учитывается при оконтуривании рудных тел по мощности (молибден, олово, висмут и др.). Другие полезные компоненты (медь, золото, серебро, свинец, цинк, селен, теллур, индий 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.

26. 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.

27. 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.

28. 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.

29. 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.

30. 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 анали-

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

Таблица 4

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

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Au, Ag, 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
WO <sub>3</sub>	>5	6	Cu	0,1–0,2	17
	2–5	7		0,05–0,1	25
	1–2	8		0,01–0,05	30
	0,5–1	9	Au	4–16	18
	0,1–0,5	16		1–4	25
	0,05–0,1	18		0,5–1	30
Mo	0,5–1,0	6	Ag	<0,5	30
	0,2–0,5	8,5		10–30	15
	0,1–0,2	13		1–10	22
	0,05–0,1	18	0,5–1	25	
	0,02–0,05	23	Se	50–100	20
Sn	0,5–1	7,5		20–50	25
	0,2–0,5	10		5–20	30
	0,1–0,2	15	1–5	30	
	0,05–0,1	20	Te	50–100	22
Bi	0,6–1	8,5		20–50	25
	0,2–0,6	11		5–20	30
	0,05–0,2	15	1–5	30	
	0,02–0,05	20	Re	1–5	26
Cu	1–3	5,5		0,5–1	30
	0,5–1	8,5		0,1–0,5	30
	0,2–0,5	13		0,01–0,1	30

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

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины, 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.

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

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

Особое внимание уделяется вольфрамсодержащим 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.

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

33. 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 гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

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

34. 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 отдельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

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

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

35. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. Должны быть уста-

новлены порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей, физические признаки, которые могут быть использованы для разделения горнорудной массы, оценены показатели радиометрической сортировки для порций разного объема. Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнорудной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную и некондиционную руду и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должны быть заверены контрольным валовым опробованием.

При положительных результатах необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы, уточнить параметры системы отработки, а также определить возможность получения сортов богатой руды.

36. 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 заказчиком и региональным органом управления.

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).

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

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

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получае-

мой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

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

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

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 рудовмещающими породами.

38. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность их радиометрической (фотометрической, рентгенорадиометрической и др.) сепарации. Руководствуясь соответствующими нормативно-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 вольфрама, коэффициент обогащения.

39. При исследовании обогатимости вольфрамовых руд изучаются степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов, устанавливается наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивается дробимость и измельчаемость, проводится ситовой, дисперсионный и гравитационный анализы разных классов руды. Выбирается технологическая схема обогащения, устанавливается число стадий и стадийная крупность измельчения. Определяются способы обогащения и доводки концентратов и промпродуктов, содержащих попутные компоненты.

Технологические свойства вольфрамовых руд зависят от содержания  $WO_3$ , минерального состава, наличия попутных компонентов в рудах, текстурных и структурных особенностей руд, крупности зерен и степени взаимного прорастания минералов. Важное значение имеют количественное соотношение вольфрамита и шеелита, физические свойства которых различны (табл. 5.).

Таблица 5

### **Физические свойства основных минералов вольфрама**

Свойства	Вольфрамит	Шеелит
1	2	3
Плотность, г/см <sup>3</sup>	6,7–7,5	5,8–6,2
Твердость по шкале Мооса	5,0–5,5	4,0–5,0
Удельная магнитная восприимчивость, м <sup>3</sup> /кг	$(34,4–42,4) \cdot 10^{-3}$	$(0,13–0,31) \cdot 10^{-3}$
Диэлектрическая постоянная	15–18	3,5–10,6
Люминесценция	Не люминесцирует	В УФ-свечении – бледно-желтый, оранжевый; в катодном – голубой

Природная и технологическая типизация руд производится по соотношению вольфрамита и шеелита, а их разновидности – по преобладающим вольфрамовым или попутным минералам. Приведенная классификация позволяет предварительно оценить обогатимость руд и ориентировочные показатели их переработки (табл. 6).

При получении товарной продукции (вольфрамовых концентратов) все вольфрамовые руды подвергаются обогащению. Для вольфрамитовых (гюбнеритовых, ферберитовых) руд применяются обычно гравитационные методы мокрого обогащения на отсадочных машинах, гидроциклонах и концентрационных столах. Основные методы обогащения шеелитовых руд – флотация и флотогравитация.

Практически все вольфрамовые руды испытывают по гравитационно-флотационной и флотационной схемам, так как наличие в руде вольфрамита (ферберита и гюбнерита) обычно является предпосылкой проведения в начале процесса гравитационного цикла (винтовая сепарация, концентрация на столах, реже тяжелые суспензии). При тонкой вкрапленности тяжелые вольфрамовые минералы извлекают гравитационными методами из хвостов сульфидной флотации. В этом случае применяют как обычное, так и шламное оборудование. Доводка такого концентрата проводится с использованием магнитной сепарации. Из вольфрамовых (шеелитсодержащих) руд молибденит флотируется в первую очередь. Шеелит извлекается из хвостов молибденовой флотации.

Извлечение вольфрамита (гюбнерита, ферберита) при гравитационном обогащении составляет для крупновкрапленных руд 70–85 %, для средне- и мелковкрапленных – 52–70 %, а шеелита при флотации – 80–92 %. Вольфрамовые минералы зоны окисления – тунгстит и ферритунгстит – существующими методами не извлекаются.

Таблица 6

**Основные природные и технологические типы вольфрамовых руд**

Природный тип руд	Природная разновидность руд	Рудные минералы		Извлекаемые компоненты, %		Примеры месторождений
		главные	второстепенные	основные	попутные	
1	2	3	4	5	6	7
Вольфрамитовый с шеелитом	Средне- и мелко-вкрапленная (0,2–0,5 мм)	Вольфрамит-гюбнерит (85 % отн.), шеелит (15 % отн.)	Молибденит, висмутин, самородный Вi, галенит	WO <sub>3</sub> – 0,15–0,5	Mo, Pb, Bi	Инкурское; Караобинское (Казахстан)
Шеелитовый с вольфрамитом и висмутом	То же	Шеелит (75–90 % отн.), вольфрамит (10–15 % отн.)	Молибденит, висмутин, халькопирит, пирит, самородные Bi, Ag	WO <sub>3</sub> – 0,1–0,4	Mo – 0,02–0,03 Bi – 0,02–0,03	Богутинское; Верхне-Кайрактинское (Казахстан)
Вольфрамитовый	«	Вольфрамит	Молибденит, висмутин	WO <sub>3</sub> – 0,15–0,35	Sn – 0,05, Mo, Bi	Спокойнинское, Шумиловское
Касситерит-вольфрамитовый с литием	«	Вольфрамит, касситерит	Слюды	WO <sub>3</sub> – 0,1–0,4 Sn – 0,05–0,1	Li – 0,35, слюда	Циновец (Чехия)
Касситерит-вольфрамитовый	Крупновкрапленная (> 2 мм)	То же	–	WO <sub>3</sub> – 0,3–0,5 Sn – 0,2–0,3	–	Иультинское
	Средневкрапленная (~ 0,5 мм)	Вольфрамит, касситерит, шеелит	Флюорит	WO <sub>3</sub> – 0,3–0,5 Sn – 0,3–0,5	Флюорит	Трудовое (Киргизия)
Молибденит-вольфрамитовый с висмутом	Крупновкрапленная (> 2 мм)	Вольфрамит, гюбнерит, шеелит, молибденит	–	WO <sub>3</sub> – 1,0	Mo – 0,01	Калгутинское
	Средневкрапленная (~ 0,5 мм)	Вольфрамит, молибденит	Касситерит, халькопирит, висмутин	WO <sub>3</sub> – 0,3–0,5 Mo – 0,02–0,05	Sn, Bi	Караобинское (Казахстан); Холтосонское

1	2	3	4	5	6	7
Молибденит-вольфрамитовый с бериллием	То же	То же	Касситерит, висмутин, берилл	WO <sub>3</sub> – 0,3–0,5 Mo – 0,02–0,05	Bi – 0,04–0,05 BeO – 0,03–0,06	Акчатауское (Казахстан)
Молибденит-шеелитовый малосульфидный (сульфиды <5 %)	Малокарбонатная (карбонаты < 5 %)	Шеелит, молибдошеелит, молибденит, повеллит	Халькопирит, висмутин, самородные Bi, Au, пирит	WO <sub>3</sub> – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т, Au – 0,2–0,5 г/т, S – 2–3	Тырныаузское
	Карбонатная (карбонаты 5–20 %)	Молибденит, повеллит	Халькопирит, самородные Bi, Au, пирит	WO <sub>3</sub> – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т	Тырныаузское, Ингичкинское; Северный Катпар (Казахстан)
	Многокарбонатная (карбонаты > 20 %)	То же	То же	WO <sub>3</sub> – 0,15–0,5 Mo – 0,03–0,04	Cu – 0,05–0,1 Bi – 0,002–0,003 Ag – 2–7 г/т	Тырныаузское, Ингичкинское



1	2	3	4	5	6	7
Шеелитовый многосульфидный (сульфиды > 5–10 %)	Первичная (гидроксиды Fe < 3 %)	Шеелит, вольфрамит, тунгстит	Халькопирит, пирротин, висмутин, самородные Bi, Ag, сульфосоли Ag	WO <sub>3</sub> – 0,7–2,0	Cu – 0,5–2,7 Bi – 0,02–0,05 Ag – 1,5 г/т, Au – 0,2–0,5 г/т, S – 20–30	Восток-2, Лермонтовское, Агылкинское
	Окисленная (гидроксиды Fe > 3–10 %)	Шеелит, тунгстит	–	WO <sub>3</sub> – 0,7–2,5	–	Восток-2, Лермонтовское
Шеелитовый с вольфрамитом	Средне- и мелко-вкрапленная (0,5–0,2 мм)	Шеелит (75–90 % отн.), вольфрамит (10–25 % отн.)	–	WO <sub>3</sub> – 0,2–0,5	–	Баянское, Кти-Теберда, Скрытое; Миттерзиль (Австрия)

При наличии в шеелитовых рудах повеллита и молибдошеелита, близких по флотационным свойствам шеелиту, эти минералы поступают в коллективный повеллит-шеелитовый концентрат, который в дальнейшем подвергают гидрометаллургической переработке с получением вольфрамового и молибденового ангидритов, молибдата кальция и трехсернистого молибдена.

40. 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 показателей, определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

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

Для попутных компонентов в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке, необходимо выяснить формы нахождения и баланс их распределения в продуктах обогащения и передела концентратов, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

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

Качество вольфрамовых концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 7 в качестве ориентировочных приведены технические требования к вольфрамовым концентратам, которые использовались в бывшем СССР.

Таблица 7

## Технические требования к вольфрамовым концентратам

Марка и наименование вольфрамового концентрата	WO <sub>3</sub> , не менее, %	Содержание примесей, не более, %												Влаги, не более, %	Область преимущественного применения
		MnO	SiO <sub>2</sub>	P	S	As	Sn	Cu	Mo	CaO	Pb	Sb	Bi		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КВГ(К) – вольфрамит-гюбнеритовый с Государственным знаком качества	67	15,0	3	0,05	0,05	0,07	0,9	0,05	0,01	1,7	0,2	Не нормируется	Не нормируется	1,5	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрида для твердых сплавов
КВГ-1 – вольфрамит-гюбнеритовый 1-го сорта	65	18,0	5	0,05	0,7	0,1	0,15	0,1	0,1	Не нормируется	0,20	0,20	0,20	2	То же
КВГ-2 – вольфрамит-гюбнеритовый 2-го сорта	60	15,0	5	0,05	0,8	0,1	0,2	0,15	0,2	То же	0,40	0,40	0,40	2	Производство ферровольфрама
КШИ – шеелитовый искусственный	65	1,0	1,5	0,02	0,45	0,1	0,1	0,05	0,5	«	0,02	0,01	0,01	6	То же

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КШ – шеелитовый	60	2,0	10	0,04	0,6	0,05	0,08	0,10	1,0	«	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	6	«
КМШ-1 – молибден-шеелитовый 1-го сорта	65	0,1	1,2	0,03	0,3	0,02	0,1	0,10	3,0	«	0,01	0,01	0,01	4	«
КМШ-2 – молибден-шеелитовый 2-го сорта	60	1,1	5	0,04	0,3	0,04	0,02	0,10	3,0	«	0,1	0,01	0,01	6	«
КМШ-3 – молибден-шеелитовый 3-го сорта	55	4,0	10	0,04	0,6	0,2	0,2	0,10	3,0	«	0,10	0,10	0,10	6	«
КВГ(Т) – вольфрамит-гюбнеритовый (твердосплавный)	60	Не нормируется	5	0,1	1,0	0,10	1,0	0,10	0,06	2,5	Не нормируется	Не нормируется	Не нормируется	2	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрида для твердых сплавов
КВГ(К) – вольфрамит-гюбнеритовый (кислотный)	65	То же	5	0,1	0,7	0,08	1,0	0,4	0,01	2,0	То же	То же	То же	2	Производство вольфрамовой кислоты

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
КШ(Т) – шеелитовый (твердосплавный)	55	«	Не нормируется	0,3	1,5	0,10	0,2	0,20	0,04	Не нормируется	«	«	«	6	Производство ферровольфрама и вольфрамового ангидрида для твердых сплавов

**Примечания:**

1. В концентрате марки КВГ-1, поставляемом для производства твердых сплавов, содержание молибдена не должно быть более 0,04 %.
2. Допускается по соглашению сторон поставка концентрата марки КМШ-2 с содержанием олова не более 1,2 %.
3. Допускается поставка концентрата марок КМШ-2 и КМШ-3 с содержанием фосфора не более 0,08 % в количестве не более 15 % от общей годовой поставки этих марок.
4. Содержание влаги в концентратах, предназначенных для длительного хранения, не должно превышать: 1 % – во всех марках вольфрамит-гюбнеритовых концентратов, 4 % – во всех марках шеелитовых концентратов

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

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

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

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

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

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

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

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

Инженерно-геологическими исследованиями 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 указанный тип месторождений связан в основном с изверженными комплексами пород, характеризующимися высокой прочностью и хрупкостью, а также с другими породами, метаморфически и метасоматически измененными, особое внимание следует уделить оценке тектонических нарушений и зон повышенной трещиноватости, мощности, степени и характеру дробления пород, руд и заполнителя нарушений, оценке возможности водопритокков по нарушениям как по простиранию, так и по 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 в подземных горных выработках, бортах карьера и расчету основных параметров карьера.

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

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

Перспективным направлением в отработке вольфрамовых месторождений является скважинная гидродобыча (СГД). 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.

44. 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

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

46. 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 и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

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

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т. д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление прилегающих территорий, загрязнение поверхностных и подземных вод, почв рудничными водами и проточками, воздуха выбросами в атмосферу и т. д.), объемы изъятия для нужд производства природных ресурсов (лесных массивов, воды на технические нужды, земель для размещения основных и вспомогательных производств, отвалов вскрышных и вмещающих горных пород, некондиционных руд и т. д.); оценены характер, интенсивность, степень и опасность воздействия, продолжительность и динамика функционирования источников загрязнения и границы зон их влияния, даны рекомендации по проведению природоохранных мероприятий.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений вольфрамовых руд определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве ведущего метода обогащения, присутствием в руде и продуктах переработки в качестве примесей висмута, свинца, цинка, меди, олова, золота, серебра, мышьяка, рения, селена, теллура, германия, скандия.

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова. Должны быть даны рекомендации по разработке мероприятий по охране недр, предотвращению загрязнения окружающей среды и рекультивации земель.

48. 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.

49. 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**

50. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений вольфрамовых 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.

51. Запасы подсчитываются по подсчетным блокам, запасы руды в которых не должны превышать, как правило, годовую производительность будущего горного пред-



приятия. Участки рудных тел, выделяемые в подсчетные блоки, должны характеризоваться:

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

однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степени 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 определяются статистически.

52. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений вольфрамовых руд.

Запасы категории А при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками. На разрабатываемых месторождениях запасы категории А подсчитываются 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 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

Контур запасов категории В должен быть 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.

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

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок в соответствии с требованиями Классификации к этой 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 количе-

ство и качество балансовых, забалансовых и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

Контуры запасов категории  $C_1$ , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы категории  $C_2$  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, геологоструктурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержания вольфрама.

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

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. Соотношение различных промышленных типов и сортов руд, при невозможности их оконтуривания, определяется статистически.

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

Балансовые и забалансовые запасы подсчитываются для сухой руды с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

55. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием вольфрама («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью или участки с высоким коэффициентом рудоносности следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации (в том числе особенности изменения распределения проб по классам содержания вольфрама по данным сгущения разведочной сети).

56. 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.

57. 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.

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

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных уполномоченным экспертным органом); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий 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 рудоносности, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

59. 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 особенно-

стям 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 по интервалам опробования.

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

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

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

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию отработки месторождения. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

60. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ, результаты опробования, планы опробования, параметры кондиций и др.), результатов промежуточных расчетов и построений (каталог рудных пересечений, выделенных в соответствии с кондициями; геологические разрезы или планы с контурами промышленного оруденения; проекции 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.

61. 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.

62. 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.

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

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

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

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

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

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

Для детального изучения морфологии оруденения, вещественного состава руд и разработки технологических схем обогащения и переработки руд на оцененных месторождениях (участках) может осуществляться опытно-промышленная разработка (ОПР). ОПР проводится в рамках проекта разведочной стадии работы по решению государст-

венной 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 ОНР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору (Ростехнадзор). Необходимость проведения ОНР должна быть обоснована в каждом конкретном случае с определением ее целей и задач.

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

К ОНР 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, ОНР 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.

64. 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 качества;

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

изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;

когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20 %).

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

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

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

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику

производства;

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

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



**Характеристические показатели сложности геологического строения месторождений твердых полезных ископаемых**

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

В качестве основных количественных показателей сложности строения рудных тел рекомендуется использовать следующие величины: коэффициент рудоносности ( $K_p$ ), показатель сложности ( $q$ ) и коэффициенты вариации мощности ( $V_m$ ) и содержания ( $V_C$ ) в рудных пересечениях (А.П. Прокофьев, 1973).

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

$$K_p = \frac{\ell_p}{\ell_o} \cdot \tag{1.1}$$

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):

$$q = \frac{N_p}{N_p + N_b + N_z} \cdot \tag{1.2}$$

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

$$V_m = \frac{S_m}{m_{cp}} \cdot 100 \ ; \tag{1.3}$$

$$V_C = \frac{S_C}{C_{cp}} \cdot 100 \ , \tag{1.4}$$

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

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

Таблица

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки	
	формы	содержания

	$K_p$	$q$	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1	2	3	4	5
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
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 высшую изменчивость формы или содержания.