

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

## Железные 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. Железные 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 (железных 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 железных 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. Железо в химически чистом виде – блестящий серебристо-белый вязкий и ковкий металл, имеющий плотность 7,8 г/см<sup>3</sup> и температуру плавления 1539±1 °С. Образует сплавы со многими элементами. Наиболее распространенными являются железоуглеродистые сплавы (чугун, стали), сплавы железа с марганцем (ферромарганец), кремнием (феррокремний), хромом (феррохром), вольфрамом, ванадием, титаном, ниобием, кобальтом, никелем, молибденом и др., играющие ведущую роль в современной технике.

4. Уровень производства железа и его сплавов – один из определяющих показателей состояния промышленного развития страны.

В 2003 г. в России произведено 91,8 млн. т товарных железных руд. По выпуску стали в 2003 г. – 62,7 млн. т – Россия занимала четвертое место в мире после Китая, Японии и США. Высоким уровнем развития черной металлургии обладают Китай, Япония, США, Южная Корея, Германия, Украина.

5. Среднее содержание железа в земной коре – 5,0 %, оно является одним из наиболее распространенных элементов и входит в состав большого числа минералов (более 300). Главные промышленно-ценные минералы железа – оксиды и гидроксиды, в меньшей степени – карбонаты; это магнетит, титаномагнетит и гематит, а также мартит (псевдоморфоза гематита по магнетиту), гётит, гидрогётит (лимонит) и сидерит (табл. 1).

Таблица 1

Главнейшие минералы железных руд

Минерал	Химическая формула	Содержание железа, %
1	2	3
Магнетит	Fe <sub>3</sub> O <sub>4</sub>	72,4
Магномагнетит	(Mg,Fe)O·Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	65–68
Титаномагнетит*	–	55–67
Гематит	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	70,0
Гётит	HFeO <sub>2</sub>	62,9
Гидрогётит (лимонит)	FeO <sub>2</sub> ·H <sub>2</sub> O	52,0–62,9
Сидерит	FeCO <sub>3</sub>	48,3

\* Магнетит с изоморфной примесью титана или гомогенный твердый раствор магнетита и ульвошпинели. К титаномагнетиту часто относят и ильменитомангнетит – магнетит с ильменитовыми продуктами распада твердого раствора.

6. По количеству общих (на 01.01.2003 г. – 100 млрд. т – 16,1 % мировых) и разведанных (56,1 млрд. т – 18,6 % мировых) запасов железных руд Россия устойчиво занимает первое место в мире, полностью удовлетворяет свои потребности в железорудном сырье и значительные объемы товарных железных руд, концентратов, окатышей, горячебрикетированного железа ежегодно поставляет на экспорт.

7. Железорудные месторождения промышленного значения весьма разнообразны. Они известны в эндогенных, экзогенных и метаморфогенных комплексах пород. С учетом генезиса принято выделять следующие основные промышленные типы.

8. Магматические месторождения:

а) титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые, представляющие собой зоны концентрированной вкрапленности (с шлировыми и жило-линзобразными обособлениями) ванадий- и титансодержащих магнетитов в интрузивах габбро-пироксенит-дунитовой, габбровой, габбро-диабазовой и габбро-анортитовой формаций (Качканарское, Копанское, Первоуральское на Урале, Пудожгорское в Карелии, Чинейское в Читинской области, месторождения Бушвельдского комплекса в ЮАР, Роутивара, Таберг в Швеции, Аллард-Лейк (Лак-Тио) в Канаде и др.);

б) бадделеит-апатит-магнетитовые, образующие серии линзо- и жилообразных тел в ультраосновных щелочных интрузивах с карбонатитами (Ковдорское на Кольском полуострове, Палабора в Южной Африке).

На долю титаномагнетитовых и бадделеит-апатит-магнетитовых руд приходится 6,6 % мировых разведанных запасов и 5,6 % производства товарных руд. В России они составляют 12,9 % в запасах и 18,2 % в производстве товарных руд.

9. Метасоматические месторождения (месторождения скарно-магнетитовых руд) представлены в разной степени оруденелыми скарнами и скарноидами, образующими сложные пласто- и линзобразные залежи магнетитовых руд в осадочных, вулканогенно-осадочных и метаморфических породах (Соколовское, Сарбайское, Качарское в Казахстане; Высокогорское, Горблагодатское и другие на Урале; Абаканское, Тейское в Красноярском крае; Шерегешевское, Таштагольское и другие в Горной Шории; Таежное, Десовское в Якутии; Маркона в Перу, месторождения Чилийского железорудного пояса; Чогарт, Чадор-Малю в Иране; Мааншань в Китае). На долю скарно-магнетитовых руд приходится 9,5 % мировых разведанных запасов и 8,3 % производства товарных руд. Руды данного типа в России составляют соответственно 12,2 и 12,9 %.

10. Гидротермальные месторождения:

а) генетически связанные с траппами и представленными жило-столбообразными и различной сложной формы залежами магномагнетитовых руд в осадочных, пирокластических породах и траппах (Коршуновское, Рудногорское, Нерюндинское, Капаевское, Тагарское в Восточной Сибири);

б) гидротермально-осадочные сидеритовые, гематит-сидеритовые, представленные пласто-, жило- и линзообразными согласными и секущими залежами сидеритовых, гематит-сидеритовых (в верхних горизонтах окисленных) руд в осадочных породах (Бакальское рудное поле на Урале, Березовское в Читинской области, Уэнза, Бу-Кафра, Заккар-Бени-Саф в Алжире, Бильбао в Испании).

Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна и не превышает 1 %, в России в запасах она составляет – 5,4 %, в производстве товарных руд – 2,9 %.

11. Вулканогенно-осадочные месторождения – согласные пласты и линзы гематитовых, магнетит-гематитовых и гематит-магнетитовых руд в вулканогенно-осадочных породах (Западно-Каражальское в Казахстане, Холзунское на Алтае). Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна. В России такие месторождения пока не разрабатываются.

12. Осадочные морские месторождения, образовавшиеся в морских бассейнах и представленные слабо дислоцированными пластовыми залежами лептохлоритовых и гидрогётитовых оолитовых руд в морских терригенно-карбонатных мезокайнозойских отложениях (Керченский железорудный бассейн на Украине, Аятское в Казахстане, месторождения бурых железняков Лотарингского железорудного бассейна (на территории Франции, Бельгии, Люксембурга), Великобритании, Германии, провинции Ньюфаундленд Канады и Бирмингемского района в США). Доля руд данного типа в разведанных запасах в мире составляет 10,6 %, в производстве товарных руд – 8,9 %. В России такие месторождения не разведаны и не отрабатываются.

13. Осадочные континентальные месторождения, образовавшиеся в речных или озерных бассейнах и представленные пластовыми и линзообразными залежами лептохлоритовых и гидрогётитовых оолитовых руд в ископаемых речных отложениях (Лисаковское в Казахстане). Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире незначительна. В России такие месторождения не разведаны и не отрабатываются.

14. Метаморфизованные железистые кварциты широко распространены на древних щитах, платформах и на некоторых срединных массивах фанерозойских складчатых областей. Большинство их имеет раннепротерозойский и архейский возраст; значительно меньше распространены позднепротерозойские и раннепалеозойские месторождения. Железистые кварциты образуют огромных размеров железорудные бассейны. Рудные залежи кварцитов в пределах месторождений обычно имеют крупные размеры: километры по простиранию, первые сотни или десятки метров по мощности. Характерна пластообразная форма рудных тел, тонкополосчатые текстуры и сходный минеральный состав руд на различных месторождениях (Криворожский бассейн на Украине, в России – месторождения Курской магнитной аномалии, Оленегорское на Кольском полуострове, Костомукшское в Карелии, Тарыннахское и Горкитское в Якутии, в Австралии – бассейн Хамерсли, в Бразилии – район Каражас и «Железного четырехугольника», в США – район оз. Верхнего, в Канаде – Лабрадорский прогиб, в Китае – бассейн Аньшань-Бенси и др.). Крупные и уникальные по запасам месторождения, легкая обогатимость руд, возможность разработки открытым способом большими карьерами с применением мощной горнодобывающей и транспортной техники позволяют считать их благоприятными объектами добычи железных руд во всех бассейнах мира. Доля руд данного типа в разведанных запасах и производстве товарных руд в мире превышает 60 %, в России в запасах она составляет – 55,9 %, в производстве товарных руд – 64,5 %.

15. Месторождения кор выветривания, представленные богатыми гидрогематит- и сидерит-магнетитовыми, мартит-магнетитовыми рудами, формируются при преобразовании железистых кварцитов в результате гипергенных процессов. В соответствии с этим в своем распространении они связаны с районами и площадями развития железистых кварцитов, приурочены к развивающимся по ним площадным и линейным корам выветривания (Михайловское, Яковлевское, Гостищевское, Висловское, Разуменское в России, месторождения богатых руд Кривого Рога на Украине, железорудные районы Австралии, Бразилии, Индии, США). На долю месторождений данного типа приходится 12,5 % разведанных запасов России и 1,3 % производства товарных руд. В сумме доля месторождений двух последних типов – железистых кварцитов и развивающихся по ним полигенных богатых железных руд – составляет в мире 70,9 % разведанных запасов и 74,4 % производства товарных руд, т.е. это наиболее важные промышленные типы месторождений. Доля руд двух последних типов месторождений в России составляет в запасах 68,4 %, в производстве товарных руд – 65,8 %.

16. Прочие гипергенные железные руды:

а) бурые железняки, связанные с корами выветривания сидеритов (Бакальская и Зигазино-Комаровская группы месторождений на Урале, Березовское в Читинской области);

б) прерывистые плащеобразные залежи хром-никелевых гётит-гидрогётитовых руд, распространенные в коре выветривания ультраосновных пород (латеритные руды Кубы, Филиппин, Индонезии, Гвинеи, Мали, на Урале – Серовское и месторождения Орско-Халиловского района). Такие руды, как правило, легированы никелем и кобальтом.

Доля прочих гипергенных железных руд в разведанных запасах в мире составляет 2,4 %, в производстве товарных руд – 2,0 %, в России соответственно 1,1 и 0,2 %.

17. В зависимости от условий образования чрезвычайно разнообразен и минеральный состав железных руд, определяющий в значительной степени их промышленную ценность. Железные руды подразделяются на 11 основных промышленных типов (табл. 2).

Таблица 2

**Промышленные типы железных руд, их минеральный состав и элементы-примеси**

Тип руд	Главные и характерные рудные	Главные и характерные элементы-	Типичные месторождения
---------	------------------------------	---------------------------------	------------------------

	минералы	примеси в рудах	
1	2	3	4
Титаномагнетитовые и ильменит-титаномагнетитовые руды в ультраосновных и основных породах	Титаномагнетит, ильменит, магнетит, самородная платина и платиноиды	Ti, V, Sc, Cu, Co, Ni, S, Pt, Os и др.	Качканарское, Копанское, Первоуральское, Пудожгорское, Чинейское, Бушвельдский комплекс, Роутивара, Таберг, Аллард-Лейк (Лак-Тио)
Бадделеит-апатит-магнетитовые руды в ультраосновных щелочных породах	Магнетит, апатит, бадделеит	P, Zr, Nb, Ta	Ковдорское, Палабора
Магнетитовые руды в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, мартит, пирротин, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит, арсенопирит, висмутин, молибденит, кобальтин, линнеит, самородные золото и серебро, людвицит, ашарит	S, As, Co, Mn, Cu, Se, Te, Pb, Zn, Cd, In, Bi, Mo, Ag, Au, Ge, F, B, Pt, Pd	Соколовское, Сарбайское, Качарское, Высокогорское, Гороблагодатское, Абаканское, Шерегешевское, Таштагальское, Таежное, Десовское, Маркона, Чогарт, Чадор-Малю, Гольгохар, Мааншань
Магномагнетитовые руды в осадочных и пирокластических породах и траппах	Магномагнетит, магнетит, гематит, пирит, халькопирит, сфалерит, галенит	S, Cu, Zn, V, Au, Hg, B, Na	Коршуновское, Рудногорское, Тагарское, Нерюндинское, Капаевское
Магнетит-гематитовые и гематит-магнетитовые руды в вулканогенно-осадочных породах	Гематит, магнетит, псиломелан сидерит, пирит, сфалерит, галенит, браунит, гаусманит	Ge, Mn, Mo, Zn, Pb, Au, S, P, B, V	Западно-Каражальское, Холзунское
Железистые кварциты в осадочных и вулканогенно-осадочных породах	Магнетит, гематит, сидерит, пирит, сфалерит, галенит	Ge, Au, Mn	Оленегорское, Костомукшское, Криворожский бассейн, КМА, Тарыннахское, Горкитское
Мартитовые, мартит-гидрогематитовые, гидрогематит-мартитовые и гидрогематитовые руды, образованные по железистым кварцитам	Мартит, гидрогематит, гётит, магнетит, гематит, сидерит, пирит	U	Криворожский бассейн, Белозерское, Висловское, Яковлевское, Михайловское, Гостищевское
Сидеритовые и гематит-сидеритовые руды в осадочных породах	Сидерит, гематит, сидероплезит	Mn	Бакальское, Березовское
Бурые железняки, образованные по сидеритам	Гидрогётит, гётит, сидерит	—	Бакальское, Березовское, Зигазино-Комаровская группа
Лептохлоритовые и гидрогётитовые оолитовые руды в осадочных породах	Гидрогётит, лептохлориты, псиломелан, пирролюзит, вивианит, вернадит, пирит	P, Mn, As, V, Bi	Лисаковское, Аятское, Керченский, Лотарингский железорудные бассейны
Хром-никелевые гётит-гидрогётитовые руды кор выветривания ультраосновных пород	Гётит, гидрогётит, сидерит, нонтронит, пирит, хромшпинелиды, полианит, пирролюзит, псиломелан	Cr, Co, Ni, V, Mn, Sc, Ga	Серовское, месторождения Орско-Халиловского района, латеритные руды Кубы, Филиппин, Индонезии, Гвинеи, Мали

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

18. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и качества руд месторождения железных руд (участки крупных месторождений для разработки самостоятельными предприятиями) 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 горизонтально или полого залегающими пластовыми залежами с устойчивыми мощностью и качеством руд (Камыш-Бурунское, Эльтиген-Ортельское, Кыз-Аульское, Катерлезское и другие месторождения Керченского бассейна, Лисаковское, Аятское и другие осадочные месторождения).

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

крупными сложноскладчатыми или нарушенными разрывами пластовыми, пласто-, линзообразными залежами относительно сложного строения с выдержанным качеством руд (Скелеватско-Магнетитовое, Ингулецкое, Анновское, Коробковское, Михайловское, Стойленское, Лебединское, Горишне-Плавнинское, Оленегорское месторождения железистых кварцитов, крупные залежи богатых руд КМА и Кривого Рога);

крупными и средними по размерам линзо-, штоко-, столбо- и трубообразными телами сложного строения или с невыдержанным качеством руд (Гусевогорское и Качканарское месторождения титаномагнетитовых руд, Ковдорское месторождение апатит-магнетитовых руд, Соколовское, Сарбайское, Гороблагодатское, Высокогорское, Естюнинское метасоматические месторождения, Коршуновское, Рудногорское, Бакальское гидротермальные месторождения; Западно-Каражальское вулканогенно-осадочное месторождение).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными мелкими и средними по размерам линзовидными залежами, жило-столбообразными телами сложной формы с резко меняющимися мощностью и качеством руд (Кодинская, Сухаринская, Орско-Халиловская и Тейская группы месторождений, Куржункульское, Ирбинское, Изыгское, Сорское и Казское месторождения различных генетических групп; мелкие залежи богатых руд Кривого Рога).

19. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, в которых заключена преобладающая часть запасов месторождения (не менее 70 %).

20. 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**

21. 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 железных руд обычно составляются в масштабах 1:1000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:500–1:1000, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2000. Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

22. 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, размещении разных типов руд, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатых структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1$ .

23. Выходы и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальной, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности руд, вещественный состав и технологические свойства первичных, смешанных и окисленных руд и провести подсчет запасов раздельно по промышленным (технологическим) типам.

24. Разведка железорудных месторождений на глубину проводится в основном скважинами с максимальным использованием наземных и скважинных геофизических методов исследований, а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками. На месторождениях очень сложного геологического строения, не поддающегося однозначной расшифровке по данным бурения, для выяснения условий залегания, формы, внутреннего строения, вещественного состава, особенностей размещения типов и сортов руд, а также для контроля качества буровых и геофизических работ и отбора технологических проб при необходимости следует проходить подземные горные выработки на представительных участках рудных тел.

Методика разведки – виды и объемы геофизических исследований, их назначение и соотношение с буровыми работами, необходимость проходки горных выработок, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Методика разведки определяется исходя из геологических

особенностей месторождения с учетом возможностей буровых, горных и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

25. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего строения рудных тел, характера околорудных изменений, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения (а по рыхлым сыпучим рудам – по рудному пересечению с обязательной заверкой геофизическими методами).

Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

Представительность керна для определения мощностей рудных интервалов и качества руд должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Степень избирательного истирания изучается применительно к различным типам руд и классам выхода керна. Для этой цели необходимо использовать данные изучения физико-механических свойств руд, опробования горных выработок, результаты каротажа, материалы эксплуатационно-разведочных и добычных работ, а также результаты статистической обработки данных по интервалам с различным выходом керна.

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

Для повышения достоверности и информативности бурения и количественной оценки запасов 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. Для магнетитовых руд необходимо проведение каротажа магнитной восприимчивости (КМВ), немагнитных руд – ядерно-геофизических методов, слабомагнитных – комплекса электромагнитных и ядерно-геофизических методов.

В вертикальных скважинах глубиной более 200 м и во всех наклонных через каждые 50 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы стволов скважин. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки.

Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углом не менее  $30^\circ$ . Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно применять искусственное искривление скважин. Для повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

26. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения и возможности использования наземных и скважинных геофизических методов исследований для оконтуривания рудных тел и подтверждения их увязки (на месторождениях магнетитовых руд целесообразно использовать методы скважинной магниторазведки, а при достаточно четкой дифференциации разреза по электрическим свойствам и при неоднозначности результатов скважинной магниторазведки наиболее эффективны методы скважинной электроразведки).

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке железорудных месторождений 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.

27. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны наиболее детально. 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>.

При использовании для подсчета запасов методов геостатистического моделирования, метода обратных расстояний и других на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений, достаточную для обоснования оптимальных интерполяционных формул.

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

на месторождениях определяются в каждом конкретном случае недропользователем.

Таблица 3

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок – скважин, применявшихся при разведке железорудных месторождений стран СНГ**

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м					
		А		В		С <sub>1</sub>	
		по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Крупные горизонтально или полого залегающие пластовые залежи с устойчивыми мощностью и качеством руд	200	200	400	400	800	800
2-я	Крупные сложноскладчатые или нарушенные разрывами пласто-, линзообразные залежи относительно сложного строения с выдержанным качеством руд	–	–	100–300	100–200	400–600	200–400
	Крупные и средние по размерам линзо-, штоко-, столбо-, трубообразные тела сложного строения или с невыдержанным качеством руд	–	–	75–150	50–100	150–300	100–200
3-я	Средние и мелкие по размерам линзовидные залежи, жило-, столбообразные тела сложной формы с резко меняющимися мощностью и качеством руд	–	–	–	–	50–100	50–100

**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.

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети особенностям его геологического строения, оценки достоверности результатов геофизических методов исследований, 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.

28. 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, составление зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценить качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

29. 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.

30. Выбор методов (геологических, геофизических) и способов опробования на ранних стадиях оценочных и разведочных работ производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения, а также применяемых технических средств разведки.

В качестве рядового опробования могут использоваться при соответствующем обосновании данные, полученные геофизическими методами (магнитными, ядерно-геофизическими). 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 методов опробования их

необходимо сопоставить по точности и достоверности результатов в соответствии с соответствующими нормативно-методическими документами.

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

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения; пробы необходимо отбирать в направлении максимальной изменчивости оруденения; в случае пересечения рудных тел скважинами под острым углом к направлению максимальной изменчивости (если при этом возникают сомнения в представительности опробования) контрольными сопоставлениями 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 требованиями кондиций в промышленный контур; в разведочных выработках, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться 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 также длиной рейса; при этом интервалы с резко различным выходом керна опробуются раздельно.

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

Точность kernового опробования следует контролировать 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 определения содержаний по каротажу подтверждается сопоставлением его данных по основным типам руд с результатами опробования по опорным скважинам с высоким выходом керна (выше 90 %). Достоверность kernового опробования по рядовым скважинам должна быть подтверждена данными геофизического опробования раздельно для разных классов выхода керна. При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, достоверность kernового опробования по возможности заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

Для действующих предприятий достоверность принятых методов опробования заверяется путем сопоставления в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и колонковому бурению.

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.

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

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента K и соблюдения схемы обработки. Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

34. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей достоверную оценку их качества, выявление вредных примесей и полезных попутных компонентов. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, магнитными, ядерно-физическими, иными геофизическими, спектральными и 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.

Рядовые пробы руд, не требующих обогащения, должны анализироваться на железо общее, а также на компоненты, определение которых предусматривается техническими условиями на товарные руды. Вредные примеси и шлакообразующие компоненты, а также попутные полезные компоненты могут быть определены по групповым пробам.

В рядовых пробах обогащаемых руд, как правило, определяются: Feобщее, а для руд магнетитового состава также Fe, связанное с магнетитом; полезные попутные компоненты, имеющие самостоятельное промышленное значение ( $P_2O_5$  и  $ZrO_2$  в апатит-магнетитовых рудах,  $V_2O_5$  в титаномагнетитовых, Cu, Co и др.). Вредные примеси, связанные с минералами, попадающими в железорудный концентрат при заданном способе обогащения (S общая и сульфидная, изоморфная примесь Zn в магнетите,  $TiO_2$  в титаномагнетитах и др.), а также FeO и  $Fe_2O_3$  для установления границ окисленных и первичных магнетитовых и сидеритовых



руд, потери при прокаливании для выделения карбонизированных и лимонитизированных разностей могут быть определены по данным анализов групповых проб. Содержание шлакообразующих компонентов устанавливается анализами концентратов.

В групповых пробах должны быть определены содержания Fe общего, Fe, связанного с промышленно ценными минералами, а также других компонентов, определяемых в рядовых пробах, и всех попутных полезных компонентов (Zn, Pb, Au, Pt, Ge, и др.). Групповые пробы должны характеризовать все природные разновидности руд или их технологические типы и сорта.

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.

35. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ (1982) и НСОММИ. Геологический контроль анализов проб следует осуществлять независимо от лабораторного контроля в течение всего периода разведки месторождения. Контролю подлежат результаты анализов на все основные, попутные и шлакообразующие компоненты и вредные примеси.

36. 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 внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых попутных компонентов, в том числе «ураганские».

37. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечивать представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов – бортовое и минимальное промышленное содержания. 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.

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

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 4. В противном случае результаты основных анализов для данного класса содержаний и периода работы лаборатории бракуются, и все пробы подлежат повторному анализу с выполнением внутреннего геологического контроля. Одновременно основной лабораторией должны быть выяснены причины брака и приняты меры по его устранению.

39. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 контрольных анализов.

При подтверждении арбитражным анализом систематических расхождений следует выяснить их причины и 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 арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

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

41. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералогическими, петрографическими, физическими, химическими и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). Особое внимание уделяется минералам железа, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер сростания). Для руд, требующих обогащения, кроме того, должны быть определены размеры зерен и соотношение различных по

крупности классов, количество железа, связанного с магнетитом, гематитом, пиритом, пирротином и с минералами силикатов (гранатом, пироксеном, эпидотом, хлоритом и др.), уходящими в «хвосты». Для оолитовых руд – детально изучается форма, размеры, количество, минеральный состав, строение оолитов и конкреций, характер их распределения по слоям, тип, минеральный состав, количество цемента. Необходимо также изучить сульфатосодержащие минералы (барит, гипс и др.), выяснить их количество и распределение.

Таблица 4

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

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %		Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %			Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, % (Ge, г/т)		от
	1	2	3	4	5		6		
Fe общее	>45	1,5	Mn	3–6	3,5				
	30–45	2,0		0,5–3,0	6				
	20–30	2,5		0,2–0,5	10				
	10–20	3,0		0,1–0,2	13				
FeO	>17	3,5	CaO	0,05–0,1	20				
	12–17	4,0		7–20	6				
	5–12	5,5		1–7	11				
	3,5–5	10		0,5–1	15				
	<3,5	20		0,2–0,5	20				
Fe магнетита	>45	1,5	S	<0,2	30				
	30–45	2,0		1–2	9				
	20–30	3,0		0,5–1	12				
	10–20	4,0		0,3–0,5	15				
SiO <sub>2</sub>	5–20	5,5		0,1–0,3	17				
	1,5–5	11		0,05–0,1	20				
MgO	1–10	9	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,01–0,05	30				
	0,5–1,0	16		>1,0	2,5				
	0,05–0,5	30		0,3–1,0	5,5				
	<0,05	30		0,1–0,3	8,5				
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10–20	2,5		0,05–0,1	12				
	5–10	3		0,01–0,05	22				
	1–5	5		0,001–0,01	30				
	0,1–1,0	8,5		>2	3				
Ni	0,5–1,0	7,0	As	0,5–2,0	6				
	0,2–0,5	10		0,05–0,5	16				
	0,02–0,2	20		0,01–0,05	25				
Co	0,05–0,1	10		<0,01	30				
	0,01–0,05	25		3–10	7				
TiO <sub>2</sub>	>15	2,5	B <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1–3	10				
	4–15	6		0,1–1,0	22				
	1–4	8,5		<0,1	30				
	<1	17		>50	18				
V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,5–1,0	12	Ge	10–50	26				
	0,2–0,5	15		<10	30				
	0,1–0,2	20		>3	3,5				
	0,01–0,1	25		1–3	6				
	<0,01	30		0,1–1,0	15				
Cu	1–3	5,5	ZrO <sub>2</sub>	<0,1	30				
	0,5–1,0	8,5							
	0,2–0,5	13							
	0,1–0,2	17							

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

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

42. Определение объемной массы и влажности руд необходимо производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев.

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

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется путем выемки целиков. 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.

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

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

**IV. Изучение технологических свойств руд.**

44. Исследованиям технологических свойств подвергаются все природные (минеральные) разновидности и предварительно установленные при изучении геологического строения и вещественного состава месторождения промышленные (технологические) типы и сорта руд. Базовой для изучения обогатимости магнетитовых руд является многостадийная схема магнитной сепарации.

45. 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 с известными месторождениями, 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 фондом недр.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует проводить в соответствии со стандартом 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).

46. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами, отобранными по определенной сети, должны быть охарактеризованы все природные (минеральные) разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с окончательным выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространственная изменчивость вещественного состава, физико-механических и технологических свойств руд в пределах выделенных промышленных (технологических) типов. Для руд, требующих обогащения, следует проводить геолого-технологическое картирование с составлением геолого-технологических карт, планов и разрезов в соответствии с СТО РосГео 09-002-98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

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

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

47. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией.

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

49. При изучении технологических параметров богатых руд должен быть определен комплекс свойств сырья, которые обуславливают его металлургическую ценность: восстановимость, минеральный состав, химический состав по вредным и полезным примесям и шлакообразующим компонентам, основность и кремниевый модуль, физические свойства, а также целесообразность повышения их качества и рациональная схема обогащения.

50. Технологические испытания способов переработки бедных руд традиционными методами глубокого обогащения – магнитная сепарация, гравитация и флотация – проводятся в соответствии с СТО РосГео «Твердые негорючие полезные ископаемые. Технологические методы исследования минерального сырья»: 08-008-98 (Магнитное обогащение), 08-007-98 (Гравитационные методы обогащения) и 08-006-98 (Флотационные методы обогащения), утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Российского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6). Для изучения свойств руд, которые определяют их обогатимость – минеральный состав, текстурные и структурные особенности, физические параметры минералов и их комплексов, степень окисления руд, количество железа, не связанного с основными минералами и др. – используются современные методы и приемы технологической минералогии.

Для каждого природного (минерального) типа с учетом комплекса работ по технологическому картированию должны быть:

определены минеральный состав, соотношение извлекаемых минеральных форм железа и химический состав исходной руды и всех конечных продуктов каждой стадии обогащения, представлены сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения, параметры дробимости и измельчаемости руд;

охарактеризованы гранулярный состав руды после крупного и мелкого дробления, тонкого измельчения (питание стадий глубокого обогащения), обоснованы необходимость стадийного обогащения руды, оптимальная крупность подготовки материала в каждой из них (т.е. раскрытие рудных минералов) с учетом минимизации потерь со шламами, крупность товарных и отвальных продуктов;

проведен выбор методов и процессов (или сочетание их) с характеристикой их параметров и определены показатели схемы обогащения, направленной на получение кондиционных железных концентратов и

извлечение попутных ценных компонентов (в том числе в самостоятельные продукты);

обосновано выделение промышленных (технологических) типов руд, необходимость, целесообразность и возможность их совместной или раздельной эффективной переработки.

51. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение достоверных исходных данных, достаточных для проведения объективного технико-экономического анализа, разработки технологического регламента и проектирования технологической схемы их переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Для выделенных промышленных (технологических) типов и сортов руд должны быть разработаны и определены:

оптимальный вариант технологической схемы всего цикла обогащения, параметры обогатительных процессов, схема цепи аппаратов и качественно-количественная схема комплексной переработки с пооперационными показателями;

сквозные технологические показатели обогащения – выход продуктов, содержание и извлечение в них железа и попутных компонентов;

полный химический состав концентратов, определяющий их металлургические свойства;

характер металлургического передела богатых руд (доменный, мартеновский, бескоксовый) и необходимость в предварительном окислении товарных по качеству продуктов (агломерация, окомкование).

52. Товарной продукцией горно-обогатительных предприятий черной металлургии являются богатые руды, концентраты, агломерат, окатыши, горячбрикетированное железо, сортность которых определена соответствующими техническими условиями для каждого предприятия. Качество продуктов обогащения в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должна соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в качестве ориентировочных могут использоваться общие требования промышленности к богатым рудам и концентратам обогащения, приведенные в табл. 5 и 6.

По содержанию железа выделяют природно богатые и бедные (требующие обогащения) руды.

Богатые руды классифицируются на доменные и мартеновские.

Доменные руды, используемые для непосредственного введения в доменную шихту, должны быть представлены не менее чем на 80 % крупнокусковыми классами (10–100 мм), содержание железа в магнетитовых и гематитовых рудах должно быть более 50 %, гидрогетитовых – более 45 %, вредных примесей не более: серы – 0,3 %, фосфора – 0,3 %, меди – 0,2 %, мышьяка – 0,07 %, цинка и свинца – 0,1 % каждого, олова – 0,08 %. Никель, кобальт, марганец, хром, молибден, вольфрам, ванадий и другие легирующие компоненты могут присутствовать в количествах, не ухудшающих основных свойств продуктов передела железных руд.

Мартеновские руды, пригодные для непосредственного мартеновского передела, должны быть представлены не менее чем на 75 % классами 10–250 мм, содержание железа в магнетитовых, гематитовых, гидрогетитовых и смешанных рудах – свыше 57 %, вредных примесей не более: кремнезема – 5 %, серы и фосфора – 0,15%, меди, мышьяка, цинка, свинца, никеля, хрома – 0,04 % каждого, марганца – 0,5 %.

Таблица 5

Требования промышленности к качеству богатых руд

Сорт и минеральный состав руды	Минимальное содержание Fe <sub>общ</sub>	Максимально допустимые содержания, %											Гранулометрический состав		
		SiO <sub>2</sub>	S	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	Cu	As	Zn	Pb	Sn	Ni	Cr	Mn	крупность, мм	содержание класса, %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
<b>Агломерационные</b>															
Магнетитовые	45,0	–	–	–	0,15	–	–	–	–	–	–	–	}	–20+0	≤ 15
Мартит-гематитовые	45,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–10+0	≥ 85
Бурожелезняковые	44,0	18,0	–	(0,8)	–	–	–	–	–	–	–	–	}	–10+0	≤ 9
Сидеритовые	32,5	12,0	0,35	–	–	–	–	–	–	–	–	–		–60+10	≥ 85
														+60	≤ 6
<b>Доменные</b>															
Магнетитовые	50,0	–	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–	}	–10+0	≤ 20
Мартит-гематитовые	50,0	–	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–		–	≥ 80
Бурожелезняковые	45,0	18,0	0,3	0,3	0,2	0,07	0,1	0,1	0,08	–	–	–		100+10	≥ 80
<b>Мартеновские</b>															
Магнетитовые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5	}	–10+0	≤ 25
Мартит-гематитовые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5		–	≥ 75
Бурожелезняковые	57,0	5,0	0,15	0,15	0,04	0,04	0,04	0,04	–	0,04	0,04	0,5		250+10	≥ 75

Таблица 6

Требования промышленности к качеству железных концентратов

Назначение и название концентрата	Минимальное содержание Fe <sub>общ</sub>	Максимально допустимые содержания, %										
		SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	MnO	S	P (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	K <sub>2</sub> O	TiO <sub>2</sub>	V (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
<b>Электрометаллургия</b>												
Магнетитовый	69,5	3,0	–	–	–	0,05	0,06	0,04	0,08	–	–	
Мартит-гематитовый	68,0	3,0	–	–	–	0,05	0,06	0,04	0,08	–	–	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>Аккумуляторное производство</b>											
Магнетитовый	71,0	1,0	0,13	0,04	0,04	0,04	–	–	–	0,03	0,02
Мартит-гематитовый	69,0	1,0	0,13	0,04	0,04	0,04	–	–	–	0,03	0,02
<b>Порошковая металлургия</b>											
Низший сорт	71,4	0,4	0,20	0,10	0,10	0,50	0,05	0,03	–	0,08	–
Средний сорт	71,8	0,3	0,10	–	0,04	0,30	0,02	0,02	–	0,04	–
Высший сорт	72,0	0,15	0,10	–	0,02	0,02	0,015	0,015	–	0,015	–
<b>Доменное производство</b>											
Магнетитовый	62,0	10,0	–	–	–	–	0,45	–	–	–	–
Мартит-гематитовый	60,0	10,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бурожелезняковый	44,0	18,0	5,0	–	–	–	–	(0,8)	–	–	–
Сидеритовый	37,0	10,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Концентрат обожженного сидерита (КОС)	47,0	–	–	–	13,5	–	–	–	–	–	–
Железованадиевый	59,3	6,0	–	–	–	–	–	–	–	–	(≥ 0,54)
<b>Утяжелители для бурения скважин</b>											
Магнетитовый	60,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Мартит-гематитовый	58,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Бурожелезняковый	45,0	12,0	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Руды, содержащие 80–92 % класса –10 мм и не более 8–20 % класса 10–20 мм, нуждаются в предварительном окусковании.

Для качественной характеристики богатых руд важное значение имеют содержание и соотношение нерудных примесей – шлакообразующих компонентов, выражающиеся коэффициентом основности и кремневым модулем. Коэффициент основности (КО) представляет собой отношение суммы содержаний оксидов щелочных земель (кальция и магния) к сумме оксидов кислотных компонентов (кремния и алюминия). По величине этого коэффициента железные руды и их концентраты подразделяются на кислые, наиболее часто встречающиеся (КО менее 0,7), самофлюсующиеся (КО 0,7–1,1) и основные (КО более 1,1). Лучшими являются самофлюсующиеся руды.

По кремневому модулю (отношению содержания оксида кремния к оксиду алюминия) ограничивается использование железных руд с модулем ниже 2.

Железные руды, требующие обогащения, в настоящее время обеспечивают в России 89 % товарного производства. Они подразделяются на легко- и труднообогатимые, что зависит от их минерального состава и текстурно-структурных особенностей. К легкообогатимым относятся железные руды магнетитового состава, и прежде всего магнетитовые кварциты.

Труднообогатимыми являются тонкозернистые полиминеральные железные руды, в которых железо входит в состав нескольких немагнитных минералов (гематит, мартит, сидерит) или рудные минералы (гётит, гидрогётит) образуют порошковатые, оолитовые скрытокристаллические и коллоидальные массы. При измельчении этих руд не удается раскрыть рудные минералы из-за их крайне малых размеров и тонкого прорастания с нерудными минералами. Наиболее характерные примеры труднообогатимых руд – окисленные железистые кварциты Кривого Рога и КМА, бурожелезняковые руды всех типов.

Выбор способов обогащения определяется минеральным составом руд, их текстурно-структурными особенностями, а также характером нерудных минералов и физико-механическими свойствами руд.

Магнетитовые руды обогащаются магнитным способом. Применение сухой и мокрой магнитной сепарации для магнетитовых руд обеспечивает получение концентрированных концентратов даже при сравнительно низком содержании железа в исходной руде. При наличии в рудах в промышленном количестве гематита наряду с магнетитом может применяться магнитно-флотационный (для тонковкрапленных руд) или магнитно-гравитационный (для крупновкрапленных руд) способ обогащения. Схемы обогащения магнетитовых кварцитов месторождений Кривого Рога, Курской магнитной аномалии и Кольского полуострова включают дробление, измельчение и магнитное обогащение в слабом поле.

Обогащение окисленных железистых кварцитов может производиться магнитным в сильном поле, обжиг-магнитным и флотационным способами.

Если в магнетитовых рудах содержатся в промышленных количествах апатит или сульфиды кобальта, меди и цинка, минералы бора и др., то для их извлечения применяется флотация отходов магнитной сепарации. Такие схемы применены на Ковдорском, Высокогорском и Соколовско-Сарбайском ГОКах.

Принципиальные схемы обогащения титаномагнетитовых и ильменит-титаномагнетитовых руд включают в себя многостадийную мокрую магнитную сепарацию. С целью выделения ильменита в титановый концентрат проводится обогащение хвостов мокрой магнитной сепарации флотацией или гравитационным способом с последующей магнитной сепарацией в поле высокой интенсивности.

Низкотитанистые железованадиевые руды (месторождения Качканарское, Гусевогорское, Пудожгорское и др.) могут использоваться при получении чугуна по отработанной технологии доменный процесс – двойное конвертирование с извлечением ванадия из шлаков. Другой может быть технология предварительного обогащения руд с получением ильменитового и титаномагнетитового концентратов. Если содержание  $TiO_2$  в последнем не выше 4 %, он непосредственно направляется в доменный процесс, а при более высоких содержаниях требуется шихтовка этого концентрата с беститановыми железными рудами. Вместе с тем уже разработаны пирогидрометаллургические технологии, позволяющие экономически выгодно извлекать титан из данных руд (доменный процесс – электроплавка, гидрометаллургия, глубокая металлизация титаномагнетитовых окатышей с

селективной коагуляцией железного короля и переводом сопутствующих элементов в шлаковую оболочку).

Серьезные технологические трудности возникают у металлургов при переработке высокотитанистых ( $\text{TiO}_2 > 3,0 \%$ ) ванадийсодержащих титаномагнетитовых руд и концентратов, так как титан и ванадий не могут извлекаться в отдельные продукты по традиционной технологии и затрудняют ведение металлургического процесса. Институт металлургии Уральского отделения АН России разработал пирометаллургический метод обогащения коллективных концентратов с выделением попутных компонентов в отдельные кондиционные по содержанию продукты, которые могут использоваться по традиционной технологии. По этой технологии тонкоизмельченный коллективный концентрат окомковывается с твердым восстановителем, сырые окатыши подвергаются восстановительному обжигу, при этом окатыши приобретают структуру «ореха» – в ядре концентрируется металлическое железо и ванадий – легированная ванадием сталь, а оксид титана образует шлаковую оболочку. Последующим дроблением и измельчением окатышей обеспечивается вскрытие железного короля, который методом сухой или мокрой магнитной сепарации выделяется в отдельный продукт. Шлаковая составляющая, состоящая преимущественно из оксида титана, подвергается дальнейшей переработке. Извлечение железа в королек и титана в шлаковую оболочку составляет не менее 92 %.

Для обогащения гидрогётит-лептохлоритовых оолитовых бурых железняков используются либо гравитационный, либо гравитационно-магнитный (в сильных полях) способ. Глинистые гидрогётитовые и мартитовые (валунчатые) руды обогащаются промывкой. Обогащение сидеритовых руд обычно достигается сепарацией в тяжелых средах с последующим обжигом.

При переработке железистых кварцитов и скарново-магнетитовых руд обычно получают концентраты с содержанием железа 62–66 %; для электрометаллургического передела и производства горячебрикетированного железа выпускаются концентраты с содержанием железа не ниже 69,5 % и кремнезема не выше 3,0 %, серы не более 0,06 %; в кондиционных концентратах мокрой магнитной сепарации из апатит-магнетитовых и магномагнетитовых руд содержание железа составляет 62–64 %;

Концентраты гравитационного и гравитационно-магнитного обогащения оолитовых бурых железняков в настоящее время считаются кондиционными при содержании железа 44–49 %, кремнезема – 18–11 %, глинозема – 4–5 %, пентоксида фосфора – 0,6–0,8 %, однако по мере совершенствования методов обогащения требования к концентратам из этих руд будут повышены.

Перспективными направлениями и процессами совершенствования технологии переработки различных типов железных руд являются:

крупнопорционная радиометрическая сортировка по результатам экспресс-анализа транспортных емкостей на рудоконтролирующих станциях (РКС) как один из элементов системы управления качеством добываемого сырья для рационального использования запасов месторождения и создания эффективной технологии обогащения руд;

радиометрическая сепарация кускового материала после крупного дробления (–200 мм) для некоторых типов комплексных руд, например, титаномагнетитовых (удаление отвальных хвостов, упрощение технологической схемы за счет исключения гравитационного цикла) и апатит-магнетитовых (удаление отвальных хвостов, выделение кальцитового продукта, улучшение карбонатного модуля). Эти исследования проводятся в соответствии с соответствующими нормативно-методическими документами.

обогащение измельченной руды гравитационным методом на основе тяжелых суспензий в гидроциклонах.

53. Железные руды в ряде случаев содержат попутные ценные компоненты, использование которых улучшает технико-экономические показатели работы предприятий по добыче полезных ископаемых и позволяет получать дефицитную товарную продукцию.

Из руд, подвергающихся обогащению, титан, медь, кобальт, золото, платина, апатит, редкие металлы и другие компоненты, находящиеся в самостоятельных минеральных формах, как правило, могут быть извлечены в самостоятельные концентраты. Промышленно освоена технология получения из хвостов магнитного обогащения комплексных руд апатитового, бадделеитового, ильменитового, медного концентратов, удовлетворяющих требованиям промышленности; кобальт-пиритного концентрата, пригодного для дальнейшей гидрометаллургической переработки при содержании кобальта не ниже 0,12 %. Флотацией хвостов мокрой магнитной сепарации комплексных руд могут быть получены золото-сульфидный и боратовый концентраты. Извлечение самородного золота возможно из хвостов обогащения железистых кварцитов.

Попутные ценные компоненты железных руд и концентратов переходят в чугун и сталь или уходят в шлаки, откуда могут быть частично извлечены. Такие полезные примеси, как никель, кобальт, марганец, являющиеся легирующими компонентами, частично переходя из чугуна в сталь, дают возможность получения специальных сталей с заданными свойствами. Из шлаков металлургического передела титаномагнетитовых концентратов извлекается ванадий; фосфорсодержащие шлаки используются в качестве удобрений. Из пироксеновых хвостов обогащения титаномагнетитовых руд может извлекаться скандий.

Перспективными являются предложенные технологии извлечения из железных руд и продуктов их переработки германия и других редких элементов.

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 переработки руд, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

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

По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, определить возможные водопритоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по их защите от подземных вод. Необходимо также:

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

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

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

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

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их эксплуатационных запасов, который необходимо производить, руководствуясь соответствующими методическими документами.

По результатам гидрогеологических исследований должны быть даны рекомендации для проектирования горного предприятия: по способам осушения геологического массива; по водоотводу; по утилизации дренажных вод; по источникам водоснабжения; по природоохранным мерам.

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

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

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, газоносность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, 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.

56. Месторождения железных руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (шахтные комплексы) способами. Выбор способа отработки зависит от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горнотехнических показателей, схем добычи и обосновывается в ТЭО кондиций.

К подземному способу добычи относится и новый перспективный метод скважинной гидродобычи (СГД) железных руд. Скважинная гидродобыча может использоваться для добычи рыхлых разновидностей железных руд. Опытная и опытно-промышленная добыча этих руд показала высокую экономическую эффективность этого способа, который требует меньше времени и капитальных вложений и является наиболее экологичным.

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

58. 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.

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

60. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых

для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических и горнотехнических условиях разработки, требующих постановки специальных работ, направление, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с проектными организациями.

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

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.

Должна быть определена технология хранения хвостов производства с учетом их воздействия на окружающую среду, изучена возможность использования оборотных вод, оценены направления использования отходов предложенной схемы обогащения руд, даны рекомендации по очистке промстоков и объему потребления технической воды.

62. 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

63. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений железных 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.

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

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

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

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

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

65. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений железных руд.

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

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, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных.

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

К категории С<sub>1</sub> относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин и горных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена на новых месторождениях результатами, полученными на участках детализации, а на разрабатываемых месторождениях – данными эксплуатации.

Контуры запасов категории С<sub>1</sub> определяются по скважинам и данным геофизических исследований, а для наиболее выраженных и крупных тел –



геологически обоснованной экстраполяцией, учитывающей изменения морфоструктурных особенностей, размеров, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы категории  $C_2$  подсчитываются по рудным телам, вскрытым редкой сетью скважин, а также путем экстраполяции по простиранию и падению к разведанным рудным телам и в пределах выявленных геофизических аномалий, рудный характер которых подтвержден отдельными скважинами.

При определении контуров подсчета запасов категории  $C_2$  следует учитывать генетический тип месторождения, его место в геологической структуре района, условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения размеров, формы, мощностей рудных тел и состава руд.

66. 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 железных руд по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров. При невозможности оконтуривания количественные соотношения различных промышленных (технологических) типов и сортов определяются статистически.

Забалансовые (потенциально-экономические) запасы подсчитываются и учитываются в том случае, если в ТЭО кондиций доказана возможность их сохранения 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, горнотехнических, экологических и др.).

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

67. 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.

68. 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.

69. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь подсчитанных запасов необходимо производить сопоставление данных разведки и эксплуатации по запасам, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «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 и (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, содержаний полезных компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

70. 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, линейных содержаний) и их оценки с определением амплитуды возможных ошибок.

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должны быть достаточными для обоснования оптимальных

интерполяционных формул (для двумерного моделирования – не менее нескольких десятков разведочных пересечений, для трехмерного – не менее первых сотен проб). Изучение свойств пространственных переменных рекомендуется производить на участках детализации.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по сквозным рудным пересечениям или составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

При построении блочной геостатистической модели месторождения максимально возможный размер элементарного подсчетного блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее  $1/4$  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 определения оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел со сложной морфологией и внутренним строением. Вместе с тем, геостатистические методы подсчета запасов должны быть контролируруемыми 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.

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

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

73. 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.

74. На оцененных месторождениях железных 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 проектно-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 проектно-аналогов.

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

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

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

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

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

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

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

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

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

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории С<sub>2</sub> 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 требований настоящих рекомендаций и после утверждения запасов (балансовых и забалансовых) в установленном порядке.

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

Пересчет и переутверждение запасов в установленном порядке производится по инициативе недропользователя, а также контрольных и

надзорных органов в случаях существенного изменения представлений о качестве и количестве запасов месторождения и его геолого-экономической оценке в результате дополнительных геологоразведочных и добычных работ.

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

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качества;
- объективном, существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;
- когда общее количество балансовых запасов, списанных и намечаемых к списанию как неподтвердившихся (в процессе дополнительной разведки, эксплуатационной разведки и разработки месторождения), а также не подлежащих отработке по технико-экономическим причинам, превышает нормативы, установленные действующим положением о порядке списания запасов полезных ископаемых с баланса горнодобывающих предприятий (т. е. более 20 %).

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

- увеличении балансовых запасов, по сравнению с ранее утвержденными, более чем на 50 %;
- существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50 % от заложенных в обоснования кондиций);
- разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;
- выявлении в рудах или вмещающих породах ценных компонентов или вредных примесей, ранее не учтенных при оценке месторождения и проектировании предприятия.

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

Приложение к Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (железных руд)

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



(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):



(1.2)

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



(1.3)



(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-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100– 150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

Решение по отнесению месторождения к конкретной группе принимается по совокупности всей геологической информации с учетом показателя, характеризующего наивысшую изменчивость формы или содержания.

\* По району месторождения представляется геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений железа и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы железных руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

\* 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.