

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

### **I. Общие сведения**

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых 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.), 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным Постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 26, ст. 2669, 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 № 40, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов к месторождениям хромовых 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. Х р о м – голубовато-серебристый блестящий металл, устойчивый против коррозии на воздухе и в воде, имеющий плотность  $7,19 \text{ г/см}^3$  (при температуре  $20 \text{ }^\circ\text{C}$ ) и температуру плавления  $1890 \text{ }^\circ\text{C}$ . При обычных температурах хром легко реагирует с разбавленными кислотами –  $\text{HCl}$  и  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , но не растворяется в  $\text{HNO}_3$ ,  $\text{H}_3\text{PO}_4$  и  $\text{HClO}_4$  благодаря образованию защитной пленки. В соединениях валентность хрома изменяется от двух до шести, трехвалентные соединения устойчивые, а шестивалентные являются сильными окислителями. Образует сплавы с рядом элементов. Наиболее распространенными являются сплавы на железной основе (феррохром), с углеродом и кобальтом или никелем (стеллит), двойные хромоникелевые сплавы (нихром). Хромоникелевые стали и сплавы используются в конструкциях ядерных реакторов. Основные области потребления – ферросплавное производство, огнеупорная и химическая отрасли промышленности.

На применении хрома в железных сплавах основано современное производство высокопрочных конструкционных, кислотоупорных, нержавеющих, жаропрочных, шарикоподшипниковых сталей, сплавов сопротивления и чугунов с заданными свойствами. Металлический хром применяется главным образом для хромирования стальных изделий.

В огнеупорной промышленности хромовые руды употребляются для изготовления хроммагнетитовых и других хромсодержащих огнеупоров и хромбетона, используемых для футеровки мартеновских и индукционных печей, конверторов, вращающихся печей в цементной промышленности.

Химическая промышленность потребляет хромовые руды преимущественно для производства хромпиков (двуххромовокислых солей натрия и калия) и других соединений хро-

ма, применяемых в качестве красителей, дубителей, катализаторов, протрав и др. Радиоактивный изотоп хрома нашел применение в медицине.

4. Кларк хрома (по А. П. Виноградову) составляет 0,0083 %. Из более 20 хромсодержащих минералов в промышленном отношении важны только хромшпинелиды, которые служат в настоящее время единственным источником получения металлического хрома и продуктов его химических соединений.

В группе хромшпинелидов с общей формулой  $(Mg, Fe)^{2+}(Cr, Al, Fe)_2^{3+}O_4$  наибольший интерес представляют следующие минеральные виды: магнохромит  $(Mg, Fe)Cr_2O_4$ , хромпикотит  $(Mg, Fe)(Cr, Al)_2O_4$ , алюмохромит  $(Fe, Mg)(Cr, Al)_2O_4$ , субферрихромит  $(Mg, Fe)(Cr, Fe)_2O_4$  и в меньшей степени субферриалюмохромит  $(Mg, Fe)(Cr, Fe, Al)_2O_4$ . Содержание оксидов в разновидностях хромшпинелидов колеблется в широких пределах:  $Cr_2O_3$  2–67 %,  $Al_2O_3$  2–65 %,  $Fe_2O_3$  0–41 %,  $FeO$  10–30 %,  $MgO$  1–20 %.

5. По условиям образования выделяются эндогенные, экзогенные и техногенные месторождения хромовых руд.

6. Эндогенные месторождения хромовых руд относятся к группе магматических образований, пространственно и генетически связаны с гипербазитовыми интрузиями двух формаций: перидотит-пироксенит-габброноритовой расслоенных (стратиформных) массивов и дунит-гарцбургитовой альпинотипных массивов.

7. Раннемагматические сегрегационные месторождения хромовых руд образовались на ранней стадии формирования интрузивов ультраосновных пород и связаны с дифференцированными (стратиформными) расслоенными массивами платформ. Хромовые руды залегают в нижних горизонтах массивов, сложенных дунитами, перидотитами, пироксенитами. Рудоносный горизонт имеет мощность от первых метров до нескольких сотен метров, в его пределах возможно наличие ряда рудных зон. Рудные тела пластообразной формы обычно развиты по всей площади интрузива. Мощность рудных тел выдержана и, как правило, мала (первые метры), однако протяженность достигает многих десятков километров, поэтому даже маломощные тела могут иметь значительные запасы. Руды преимущественно сплошные и густовкрапленные, среднехромистые, повышенной железистости, обычно относятся к огнеупорным сортам и лишь наиболее богатые отвечают требованиям металлургии. К этому типу принадлежат месторождения Бушвельд (ЮАР), Великая Дайка (Зимбабве), Кеми (Финляндия), Стиллоутер (США), месторождения Индии.

8. Позднемагматические месторождения хромовых руд образуются в позднюю стадию формирования интрузивов ультраосновных пород дунит-гарцбургитовой формации эвгеосинклиналей. Рудные тела залегают среди дунитов, имеют форму линз, столбов, жил. Мощность крупных тел достигает 250 м, протяженность 1550 м, ширина 330 м. Месторождения состоят обычно из серии сближенных тел, число которых может достигать нескольких десятков.

Хромшпинелиды относятся к высокомагнезиальным разностям с переменным содержанием хрома и алюминия. Месторождения этого типа служат главным источником высокохромистых металлургических, а также высокоглиноземистых огнеупорных руд. Сюда относятся месторождения Южно-Кемпирсайской группы (Казахстан), Гулемен (Турция) и др.

С позднемагматическими месторождениями хромита ассоциируют проявления попутных полезных ископаемых:

высококачественных (несерпентинизированных) дунитов, являющихся редким и дефицитным видом сырья для производства безобжиговых литейно-формовочных смесей, форстеритовых огнеупоров и теплоизоляционных вкладышей;

благородного корунда и рубина;

металлов платиновой группы в виде микровключений самостоятельных минералов в зернах хромшпинелидов.

Месторождения хромовых руд России подразделяются на промышленные типы, приведенные в табл. 1.

Таблица 1

**Промышленные типы эндогенных месторождений хромовых руд**

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Содержание $Cr_2O_3$ в рудах, %	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6
Стратиформный	Пластово-залежный в расслоенных базит-ультрабазитовых массивах	Хромитовый (высокохромистый)	23–24	Металлургический хромовый (сортировочный, гравитационный)	Сопчеозерское
		Хромитовый (повышенной железистости)	22–24	Химический, огнеупорный хромовый (гравитационно-магнитный, гравитационный)	Аганозерское, Большая Варака, Сарановское
		Хромитовый (повышенной железистости и глиноземистости)	37	Огнеупорный хромовый (гравитационный)	Сарановское
Альпийно-типный	Линзо- и жиллообразный в массивах ультрабазитов	Хромитовый (высокохромистый)	28–37	Металлургический хромовый (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Рай-Из (Центральное, Западное, Югозападное)
		Хромитовый (глиноземистый)	24–31	Огнеупорный хромовый (сортировочный, гравитационный)	Хойлинское

9. Экзогенные (россыпные) месторождения (элювиальные, делювиальные, прибрежно-морские) возникают в результате разрушения при процессах выветривания эндогенных хромитовых рудных тел и залежей. Промышленное значение их ограничено. Примером служат рыхлые и порошковатые руды коры выветривания Кемпирсайских месторождений, делювиальные россыпи и валунчатые руды Сарановского месторождения, Великой Дайки, морские россыпи Японии, Югославии.

11. К техногенным месторождениям относятся спецотвалы забалансовых руд, добытых в результате разработки месторождений хромовых руд, хромитсодержащие хвосты, образовавшиеся в процессе обогащения руд, содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  в которых может достигать 30 % и выше. Эти месторождения требуют специфических подходов к их изучению и оценке, особенности которых изложены в соответствующих нормативно-методических документах и в настоящих Методических рекомендациях не рассматриваются.

12. По содержанию хромшпинелидов хромовые руды делятся на сплошные (>90 %), густовкрапленные (70–90 %), средневкрапленные (50–70 %), редковкрапленные (30–50 %) и убоговкрапленные. Граница естественных групп – богатые и бедные – соответствует содержанию ценного минерала примерно 50–60 %. Текстуры руд массивные (преимущественно у сплошных разностей) и полосчато-такситовые, пятнистые или, реже, брекчиевидно-такситовые (у вкрапленных руд); своеобразной разновидностью являются нодулярные текстуры.

Промышленная ценность хромовых руд определяется содержаниями  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , нормируемых компонентов –  $\text{FeO}^+ = \text{FeO} + 0,9\text{Fe}_2\text{O}_3$  и  $\text{SiO}_2$ , отношением  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  к  $\text{FeO}^+$  и содержанием вредных примесей –  $\text{CaO}$ , серы и фосфора, а также химическим составом хромшпинелида. В рудах часто присутствуют (как попутные ценные компоненты) минералы группы платиноидов, иногда в промышленных концентрациях. Попутными полезными ископаемыми являются дуниты, перидотиты, серпентиниты (огнеупорное сырье) и перидотиты (облицовочный материал). Товарной продукцией хромоворудного сырья являются богатые сплошные и густовкрапленные руды, используемые в сыром виде, и хромитовые концентраты, получаемые при обогащении. Для данного сырья, спецификой которого является переменный состав полезного минерала, определяющий возможность использования его в конкретной отрасли промышленности, выделяются следующие промышленные типы руд:

металлургический – высокохромистые руды, используемые также и в других отраслях;

химический – среднехромистые руды повышенной глиноземистости и железистости, могут быть использованы в огнеупорной промышленности;

огнеупорный – высокоглиноземистые низкохромистые руды.

До последнего времени промышленность использовала лишь богатые руды, не требующие обогащения.

13. Богатое сырье хромовых месторождений, после его подготовки по крупности, используется в сыром виде в металлургической и огнеупорной областях промышленности. Бедные руды, интенсивно вовлекаемые в переработку, требуют обогащения для получения товарной продукции.

Современная технология обогащения хромовых руд основана на реализации наиболее эффективного разделительного признака для данного минерального комплекса – плотности. Учитывая такие особенности сырья, как наличие нескольких типов по густоте вкрапленности хромшпинелида и широкий диапазон крупности его зерен, схемы обогащения обычно трехстадиальные с получением кондиционных концентратов различной крупности. Главными на большинстве обогатительных фабрик являются гравитационные методы обогащения (их сочетание) в тяжелых суспензиях, отсадка, винтовая сепарация и разделение на концентрационных столах. На некоторых предприятиях в зависимости от свойств сырья реализованы комбинированные схемы, в которых на первых стадиях используются гравитационные процессы, а на последней мелкозернистой стадии – процессы магнитной сепарации в поле высокой напряженности для доводки продуктов концентрации руды на столах (фабрики Финляндии, Греции и др.) или флотации для извлечения тонкого хромшпинелида (фабрика Радуш, Югославия).

В последние годы интенсивно осваивается в практике обогащения руд процесс сухой сепарации рентгенорадиометрическим методом. Высокая селективность метода и низкие эксплуатационные затраты позволяют эффективно извлекать ценный компонент в концентрат металлургического сорта на стадии крупного дробления руды и удалять отвальную породу.

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

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

Ко 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными линзо-, жилообразными и пластовыми залежами протяженностью по простиранию свыше 300 м, с выдержанной мощностью, разобщенные тектоническими нарушениями на отдельные блоки длиной 50 м и более (Миллионное, Алмаз-Жемчужина, XL лет Казахской ССР в Казахстане; Аганозерское, Главное Сарановское, Сопчеозерское в России).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) очень сложного геологического строения с рудными телами, представленными средними и небольшими по размерам линзо- и жилообразными, иногда гнездовыми и столбообразными залежами протяженностью от десятков метров до 300 м, разбитыми пострудной тектоникой на мелкие блоки (месторождение Центральное массива Рай-Из, Полярный Урал, Сопчеозерское).

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

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

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

17. Для разведанного месторождения (участка) необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой должен соответствовать его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях хромовых руд обычно составляются в масштабах 1:2000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе 1:1000. Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и строятся проложения их стволов на планах и разрезах.

18. 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. Геологические и геофизические материалы должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, особенностях изменения вмещающих пород и взаимоотношениях рудных тел с вмещающими породами, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1^*$ .

19. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или рудовмещающих гипербазитов должны быть изучены канавами, шурфами, шурфами с рассечками и неглубокими скважинами с применением геофизических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень выветрелости руд, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств и качества руд и провести подсчет запасов первичных и выветрелых (окисленных) руд отдельно, если они представляют собой самостоятельные промышленные (технологические) типы и сорта. Профили горных и буровых работ должны быть ориентированы вкрест простирания рудных тел. Для увязки отдельных сечений и прослеживания изменений морфологии и хромитоносности рекомендуется на участках детализации проходка траншей (расчисток) по простиранию рудных тел.

20. Разведка месторождений хромовых руд на глубину проводится в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и скважинных), а при небольшой глубине залегания сложных по форме рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками.

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

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

Сплошность рудных тел и характер изменчивости их мощностей и содержаний  $Cr_2O_3$  по простиранию и падения должны быть изучены в достаточном объеме по опорным разрезам со сгущением сети скважин и, в случае необходимости, проходкой отдельных горных выработок на участках со сложной морфологией.

---

\* По району месторождения и рудному полю рекомендуется иметь геологическую карту, карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 (иногда 1:100 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений и рудопроявлений полезных ископаемых, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы хромовых руд. Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

21. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимально возможный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, распределение природных разновидностей руд, и в первую очередь по густоте вкрапленности хромшпинелида, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна по рудному телу должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения (для рыхлых и сыпучих руд – по рудному пересечению). Достоверность линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами (весовым, объемным).

Величина представительного выхода керна для определения содержаний  $Cr_2O_3$  должна быть подтверждена исследованиями возможности избирательного истирания минеральных компонентов руды. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования горных выработок (шурфов), скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных с применением съемных керноприемников. При низком выходе керна или избирательном его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми рудами, целесообразно использовать специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода материала (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных жидкостей и т. п.).

Для повышения достоверности и информативности бурения следует использовать методы геофизических исследований в скважинах, рациональный комплекс которых определяется исходя из поставленных задач, конкретных геолого-геофизических условий месторождения и современных возможностей геофизических методов. Комплекс каротажа, эффективный для выделения рудных интервалов и установления их параметров, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении, и обеспечивать возможность дифференциальной интерпретации результатов измерений с целью последующего использования их для оценки неравномерности оруденения в недрах.

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

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими углами целесообразно производить искусственное искривление скважин. С целью повышения эффективности разведки бурением рекомендуется применять многозабойные скважины, а при наличии горных выработок – веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

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

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контро-

лироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями.

23. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности, внутреннего строения, текстурных особенностей руд; при этом следует учитывать возможное столбообразное размещение обогащенных участков.

Приведенные в табл. 2 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений хромовых руд, могут использоваться при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения особенностей геологического строения на участках детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

Таблица 2

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений хромовых руд**

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Вид выработок	Расстояние между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов, м			
			В		С <sub>1</sub>	
			по падению	по простиранию	по падению	по простиранию
1	2	3	4	5	6	7
<i>В бывшем СССР</i>						
2-я	Крупные пласто- и линзообразные залежи с выдержанной мощностью: протяженностью >1000 м протяженностью >300 м	Скважины	60	80	60–80	80–120
		Скважины	20–30	40–60	40–60	80–120
3-я	Жило- и линзообразные, иногда гнездовые и столбообразные тела небольших размеров, протяженностью от $n \cdot 10$ до 300 м, разбитые пострудной тектоникой на мелкие блоки	Скважины, горные выработки	–	–	20–30	40–60
<i>На месторождениях России после 1996 г.</i>						

1	2	3	4	5	6	7
2-я	Аганозерское – Крупный (Главный) хромитовый горизонт, пласты, пологое падение	Скважины	20–60	100–200	20–60	400
2-я и 3-я	Сопчеозерское – пологие рудные тела и залежи	Скважины	12	25	25–50	50
3-я	Центральное – крутопадающие жило- и линзообразные тела протяженностью 10–500 м	Скважины	–	–	20–25	20–50
		Канавы	–	–	–	10–20
<p>Примечание. 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.</p>						

24. Для подтверждения достоверности запасов, подсчитанных на разведанных месторождениях, отдельные их участки должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На разведанных месторождениях 2-й группы запасы на таких участках должны быть разведаны по категории В. На разведанных месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С<sub>1</sub>.

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

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

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

25. 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. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторож-

дения, физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород. Принятые на месторождении метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологический, геофизический) и способов (керновый, бороздовый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

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

скважины, намечаемые для пересечения рудных тел, следует ориентировать в направлении, близком к максимальной изменчивости оруденения, для чего необходимо обеспечить пересечения ими рудных тел под углом не менее 30°;

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 работами или сопоставлением должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования этих сечений;

опробование необходимо 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 канавах, шурфах, кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;

природные разновидности руд и содержащие хромшпинелиды породы в зальбандах рудных тел должны опробоваться отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергаются как керна, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок являются основой для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения. При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), равной 1 м; увеличение интервалов опробования возможно при выдержанности параметров оруденения, а уменьшение – в случае крайней неравномерности его, но должно оставаться кратным 1 м. Методика дифференциальной интерпретации геофизических данных для прогнозирования показателей радиометрической сепарации должна обеспечивать оценку содержания ценного компонента с достаточной точностью при линейных размерах пробы, соответствующих куску крупностью 100–200 мм.

По данным опробования и результатам документирования каменного материала скважин и горных выработок производится количественная оценка распространенности в

рудах различных типов по густоте вкрапленности хромшпинелида и количества пустых (некондиционных) прослоев, включаемых в контур подсчета запасов при конкретных параметрах кондиций.

27. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует регулярно проверять положение проб относительно элементов геологического строения, надежность оконтуривания рудных тел по мощности, выдержанность принятых параметров рудных проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из фактического диаметра и выхода керна (отклонения не должны превышать  $\pm 10\text{--}20\%$  с учетом изменчивости плотности руд). Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна. При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудного интервала или повторный каротаж рудного интервала.

Достоверность принятых методов и способов опробования контролируется более представительным способом, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

Для действующих предприятий достоверность кернового опробования заверяется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных отдельно 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.

28. 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.

29. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей выявление всех основных, попутных полезных компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими или другими методами, установленными государственным стандартом или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

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

Все рядовые пробы, как правило, анализируются на компоненты, лимитированные техническими условиями на товарные руды. Для руд, используемых для производства ферросплавов, огнеупорных изделий и хромовых соединений в рядовых пробах определяют содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}^+ = (\text{FeO} + 0,9 \text{Fe}_2\text{O}_3)$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{P}$ ,  $\text{CaO}$ . Для руд сарановского типа, пригодных только для производства огнеупоров, в рядовых пробах определяются содержания  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$  и потери при прокаливании.

Групповые пробы отбираются для определения полного химического состава руд и содержащихся в них попутных ценных компонентов, прежде всего платиноидов. 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 (выветрелости) первичных руд и установления границы зоны окисления (выветривания) должны выполняться фазовые анализы.

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

31. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализов 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, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний.

32. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать требования кондиций для подсчета запасов по содержаниям  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ . 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.

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

Относительная среднеквадратическая погрешность, определенная по результатам внутреннего контроля, не должна превышать значений, указанных в табл. 3. 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.

34. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль в лаборатории, имеющей статус арбитражной. На арбитражный контроль направляются хранящиеся в лаборатории аналитические дубликаты рядовых проб (в исключительных случаях остатки аналитических проб), по которым имеются результаты рядовых и внешних контрольных анализов. Контролю подлежат 30–40 проб по каждому классу содержаний, по которому выявлены систематические расхождения. При наличии СОС, аналогичных исследуемым пробам, их также следует включать в зашифрованном

виде в партию проб, сдаваемых на арбитраж. Для каждого СОС должно быть получено 10–15 результатов контрольных анализов.

Таблица 3

**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*, %	Предельнодопустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	40–60	1,2	MgO	20–40	3
	20–40	1,8		10–20	4,5
	10–20	2,5		1–10	9
	5–10	3,0		0,5–1	16
FeO	12–17	4,0	TiO <sub>2</sub>	0,1–0,2	20
	5–12	5,5		0,02–0,1	28
	3,5–5	10		0,01–0,02	35
CaO	1–7	11	Mn	0,2–0,5	10
	0,5–1,0	15		0,1–0,2	13
	0,2–0,5	20		0,05–0,1	20
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,05–0,1	15	S	0,05–0,1	20
	0,01–0,05	25		0,01–0,05	30
	0,001–0,01	30		0,001–0,01	30
SiO <sub>2</sub>	5–20	5,5			
	1,5–5	11			

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

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

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

36. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСАМ и НСОММИ). При этом наряду с описанием отдельных минералов, их физических свойств (в первую очередь гравитационных и магнитных) и анализом взаимоотношений между ними производится также количественная оценка их распространенности.

Особое внимание должно быть уделено изучению хромшпинелидов, ввиду того что даже в пределах одного месторождения они обладают переменным качеством и широким диапазоном крупности зерен. Следует установить типы хромшпинелидов, взаимоотношения их между собой и с другими минералами. Подлежат определению размеры зерен и соотношения различных их классов по крупности, средневзвешенный размер зерен и крупность агрегатов с оценкой частоты их встречаемости. Важно охарактеризовать вариации химического состава хромшпинелидов в зависимости от крупности их зерен и принадлежности к типу руд по густоте вкрапленности, а также выявить средневзвешенный химический состав ценного минерала и изменения его физических свойств. Должны быть изучены текстуры и структуры руд.

В процессе минералогических исследований следует изучить распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составить их баланс по формам минеральных соединений.

37. При определении объемной массы и влажности руд и внутрирудных некондиционных прослоев следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом с использованием корреляционных зависимостей по представительным выборкам парафинированных образцов и контролируется результатами определения ее в целиках. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного 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.

38. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд при опробовании принятыми на месторождении способами и методами устанавливаются их природные (минеральные) разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы и сорта, различающиеся способом переработки или областью применения, требующие селективной добычи.

## **VI. Изучение технологических свойств руд**

39. Исследованиям технологических свойств подвергаются все природные (минеральные) разновидности и предварительно установленные промышленные (технологические) типы и сорта руд.

40. Для рационального использования запасов месторождения и создания эффективной технологии обогащения рядовых и бедных руд целесообразно применение системы управления качеством добываемого сырья, основным элементом которой является крупнопорционная радиометрическая сортировка в транспортных емкостях. Анализ ее возможностей на хромовых рудах – удаление отвальной породы (внешнее и внутреннее разубоживание), выделение богатой товарной продукции и руды для обогащения – осуществляется руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами. В результате исследований должна быть оценена контрастность руд по содержанию  $Cr_2O_3$  в естественном залегании для порций различного объема на основе данных опробования (геологического и каротажа) и рассчитаны ожидаемые показатели разделения. Определение технологических показателей и оценка эффективности решаемых задач сортировки, установле-

ния физического метода разделения (нейтронно-активационный или рентгенорадиометрический), определения вещественного состава продуктов сортировки, направляемых на обогащение, уточнение оптимального объема сортируемой порции и анализ влияния перемешивания руды при добыче проводятся на крупных полупромышленных пробах или при опытной отработке участков, исходя из намечаемой технологии ведения горных работ.

При положительных результатах применения технологии радиометрической сортировки необходимо уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки руд.

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

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

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы.

Дальнейшие испытания способов переработки руд традиционными методами глубокого обогащения (гравитация, магнитная сепарация, флотация) проводятся с учетом технологических возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему радиометрической сепарации или обогащения в тяжелых суспензиях в соответствии со 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 (Флотационные методы обогащения), утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Российского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

42. Технологические свойства руд, требующих обогащения, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки руд с аналогичными свойствами допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заказчиком и региональным органом управления фондом недр.

43. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные (минеральные) разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний в соответствии со СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6) проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с окончательным выделением промышленных (технологических) типов и сортов руд, изучается пространст-

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

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

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

44. Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности по содержанию ценного компонента, типам по густоте вкрапленности хромшпинелида, физическим и другим свойствам среднему составу руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания.

Отбор проб для технологических исследований на разных стадиях геологоразведочных работ следует выполнять в соответствии с 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).

45. Технологические параметры не нуждающихся в обогащении товарных руд, которые получены непосредственно при добыче или после крупнопорционной радиометрической сортировки, и соответствие их требованиям потребителя определяются на основе изучения их полного химического, минерального и гранулометрического состава и анализа содержаний  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{FeO}$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{CaO}$ , фосфора, серы, посторонних примесей (глина, пустая порода, щепа), потерь при прокаливании для каждого класса крупности.

46. Базовой для изучения обогатимости средних и бедных по качеству руд (20–40 %  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ) является технологическая схема многостадийного извлечения ценного компонента по мере его раскрытия, основу которой составляют гравитационные процессы. На первой стадии после крупного дробления сырья из разных классов извлекается кусковой концентрат сплошных и густовкрапленных руд и удаляются отвальные хвосты. Пределы крупности материала обусловлены применяемыми процессами обогащения в тяжелых суспензиях (–100+10 мм) или радиометрической сепарации (–200+15 мм). Второй технологической операцией является отсадка при крупности материала –15(10)+1(0,5) мм. Она предназначена для извлечения богатых по густоте вкрапленности разностей руды из отсева, который не подвергался обогащению на первой стадии, и доизвлечения аналогичных компонентов сырья из дробленого промпродукта кусковой сепарации. Заключительная стадия переработки сырья осуществляется на измельченном до оптимальной крупности раскрытия хромшпинелида промпродукте предыдущей стадии с получением наиболее богатого концентрата. На этом этапе целесообразно применение концентрации материала на столах или в сочетании с винтовыми сепараторами. Данная технологическая схема в зависимости от комплекса природных свойств исходного сырья модифицируется только по составу стадий обогатительного передела.

Эффективным методом обогащения мелкозернистых классов руды и доводки промпродукта концентрации на столах является магнитная сепарация в сильных полях (до 800 кА/м), а для тонких классов – высокоградиентная магнитная сепарация.

Для обогащения хромовых руд возможно применение флотационной технологии, использование которой наиболее целесообразно только при извлечении хромшпинелида из тонких классов, где гравитационные процессы недостаточно эффективны, т. е. из пром-продуктов и хвостов. В зависимости от основы породного комплекса (оливин или серпентин) реализуются различные схемы флотации: жирнокислотными собирателями, катионная флотация и др.

47. Перспективными направлениями усовершенствования технологии обогащения руд являются:

широкое освоение процесса радиометрической сепарации, а для некоторых типов руд – крупнокусковая отсадка;

магнитная сепарация с высокоинтенсивным магнитным полем мелкокускового материала (–10 мм) на электромагнитных роторных сепараторах;

подготовка руды в измельчительном цикле (например, избирательное диспергирование) для снижения шламообразования хромшпинелида.

Методы химического обогащения хромовых руд находятся в стадии отработки – технология кислотная, обжиг-карбонизационная (с получением белой магнезии высокого качества), автоклавно-щелочная в сочетании с обработкой кека 5 %-ной соляной кислотой.

При алюмотермическом производстве малокремнистого феррохрома для снижения содержания в сырье кремнезема и фосфора разработана технология химического обогащения концентратов гравитации при помощи двойной их обработки вначале серной или соляной кислотой, а затем едким натром, позволяющая снизить количество вредных компонентов соответственно до 0,3–0,45 и 0,002 %.

Повышение качества богатых руд или концентратов, например для производства металлического хрома, возможно за счет удаления железа. Технология основана на методе селективного хлорирования сырья при температуре 800–900 °С с добавкой в шихту каменного угля (восстановитель) и обеспечивает получение продукта с содержанием железа менее 0,2 %.

В хромовых рудах иногда содержится некоторое количество вредного при производстве феррохрома углерода в виде карбонатов или органических веществ. Прокаливанием руд или концентратов при температуре 800–1000 °С количество углерода снижается до 0,01–0,03 %.

Перспективным процессом окускования мелкозернистых концентратов является операция брикетирования.

48. В результате проведенных исследований должна быть установлена целесообразность применения процесса крупнопорционной радиометрической сортировки, определен минеральный и химический состав исходной руды и всех конечных продуктов каждой стадии обогащения, представлены сведения по дробимости и измельчаемости руд, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения, данные о гранулометрическом составе руды после крупного и мелкого дробления, тонкого измельчения (питание стадий глубокого обогащения), о крупности товарных и отвальных продуктов, разработаны технологическая схема всего цикла обогащения, параметры обогатительных процессов (в том числе реагентный режим флотации), схема цепи аппаратов и качественно-количественная схема переработки с пооперационными показателями, приведены сквозные технологические показатели обогащения – выход продуктов, содержание и извлечение в них  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  и попутных компонентов, коэффициент обогащения. Качество продуктов обогащения должно соответствовать требованиям заказчика или существующим стандартам и техническим условиям.

49. К товарным хромовым рудам и продуктам их обогащения в различных отраслях промышленности предъявляются дифференцированные требования как по химическому составу, количеству посторонних примесей, так и по крупности материала.

В металлургии для производства ферросплавов требуются руды в крупнокусковом виде наиболее высокого качества с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  более 45 % при отношении  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  к  $\text{FeO}^+$  не менее 2,5 и ограниченном количестве  $\text{SiO}_2$ , фосфора и серы. Опыт Финляндии, ЮАР и Бразилии показывает, что для легирования сталей возможно применение высокоуглеродистого феррохрома и чардж-хрома, для производства которых пригодны низко-сортные хромовые руды и концентраты с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  около 40 % при отношении  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  к  $\text{FeO}^+$  1,6–2,0. Для производства легированных чугунов в доменных печах применяются руды с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  35–40 %.

Требования к сырью в огнеупорной промышленности зависят от номенклатуры выпускаемой продукции. Используются хромовые руды и концентраты различной крупности с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не менее 32 % с ограничением количества  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{FeO}^+$  и  $\text{CaO}$ . Для особо ответственных огнеупоров производят низкокремнистые концентраты (до 3 %  $\text{SiO}_2$ ) и содержанием оксида хрома не менее 50–52 %.

Химическая промышленность потребляет руды и концентраты с содержанием  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  не менее 45 %, любого физического состояния, но предпочтительнее порошковые, рыхлые и мелкие (до 10 мм).

Качество товарных хромовых руд и концентратов, подготовленных до требуемой крупности (дробление, агломерация, брикетирование и др.) в каждом конкретном случае регламентируется договором между поставщиком и потребителем.

При проведении ГРП можно ориентироваться на технические условия, предъявляемые к качеству товарной продукции Донского ГОКа (Кемпирсайское месторождение) и Саратовского месторождения, приведенные в табл. 4–11.

Таблица 4

**ТУ 14-9-102–76. Руда хромовая Донского ГОКа (для производства огнеупорных изделий)**

Показатели качества	Норма (в %) для марок руды		
	ДХ-2-0	ДХ-2-1	ДХ-2-2
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , не менее	52,0	50,0	45,0
$\text{SiO}_2$ , не более	6,5	8,0	8,0
$\text{FeO}$ , не более	14,0	14,0	14,0
$\text{CaO}$ , не более	1,0	1,0	1,3

**П р и м е ч а н и е.** По гранулометрическому составу руды хромовые должны поставляться: 1-й класс (мелкая) 0–10 мм, 2-й класс (крупная) 10–300 мм, 3-й класс (рядовая) 0–300 мм. Содержание мелочи (0–10 мм) в кусковой руде 2-го класса (10–300 мм) допускается не более 30 %.

Таблица 5

**ТУ 14-9-220–81. Руда хромовая Донского ГОКа (для производства ферросплавов)**

Показатели качества	Норма для марок руды	
	ДХ-1-1	ДХ-1-2
1	2	3
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , не менее, %	50,0	47,0
Содержание $\text{SiO}_2$ , не более, %	7,0	9,0

1	2	3
Отношение содержаний $\text{Cr}_2\text{O}_3$ к $\text{FeO}$ , не менее	3,5	3,0
Содержание P, не более, %	0,005	0,005
Содержание S, не более, % (для классов крупности 2–6)	0,05	0,05

Таблица 6

**Гранулометрический состав руд (для производства феррохрома)**

Класс крупности	Размер кусков, мм	Содержание класса в партии, не более, %	
		надрешетного	подрешетного
1	0–10	10	–
2	10–80	15	30
3	80–300	10	30
4	0–300	10	–
5	10–20	10	20
6	20–80	10	30

Таблица 7

**ТУ 14-9-219–81. Руда хромовая Донского ГОКа (для производства хромовых соединений)**

Показатели качества	Норма (в %) для марок руды
	ДХ-3
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , среднее	49,0
$\text{SiO}_2$ , среднее	8,0
$\text{FeO}$ , не более	14,5
влаги, не более	5,0

**П р и м е ч а н и е.** По гранулометрическому составу руды хромовые должны поставляться крупностью 0–10 мм. По согласованию с потребителем допускается поставка рядовой руды крупностью 0–300 мм.

Таблица 8

**ТУ 14-9-149–78. Руда хромовая валунчатая Сарановского месторождения (для литейного производства)**

Показатели качества	Норма
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , не менее, %	36,0
$\text{CaO}$ , не более, %	0,4
посторонних примесей (глина, порода, щепа и т.п.), не более, %	5,0
Потери при прокаливании, не более, %	2,0
Крупность руды, мм	40–350

Таблица 9

**ТУ 14-9-148–78. Руда хромовая Сарановского месторождения (для производства хроммагнетитовых изделий)**

Показатели качества	Норма
1	2

1	2
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , % (допустимое отклонение по содержанию оксида хрома $\pm 2$ %)	36,0
$\text{SiO}_2$ , не более, %	8,5
$\text{CaO}$ , не более, %	2,0
класса 10–350 мм, не менее, %	90,0
класса 0–10 мм, не более, %	10,0
<p><b>Примечания:</b></p> <p>1. Верхний предел по содержанию окиси хрома не ограничен.</p> <p>2. Руда не должна содержать посторонних примесей глины, кусков кальцита крупнее 15 мм, щепы и других древесных включений.</p>	

Таблица 10

**ТУ 14-9-250–83. Состав хромитовых концентратов  
(для производства ферросплавов и огнеупорных изделий)**

Показатели качества	Норма для марок руды		
	КХД-1	КХД-2	КХД-3
1	2	3	4
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ не менее, %:	48,0	50,0	50,0
$\text{SiO}_2$ , не более, %	8,0	7,0	7,0
$\text{CaO}$ , не более, %	0,8	0,8	0,8
S, не более, %	0,05	0,08	0,08
P, не более, %	0,005	0,005	0,005
Отношение $\text{Cr}_2\text{O}_3$ к FeO	3,5	3,5	3,6
Крупность, мм	100–10	10–3	3–0

Продолжение табл. 10

1	2	3	4
Содержание классов, не более, %:			
–0,5 мм	–	–	70
–3 мм	–	15	–
–10 мм	15	–	–

Таблица 11

**Хромитовый концентрат для высокоогнеупорных изделий**

Показатели качества	Норма
Содержание $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , не менее, %:	57,0
$\text{SiO}_2$ , не более, %	3,0
$\text{CaO}$ , не более, %	1,0
Крупность, мм	0,5–0

В зарубежных странах требования к хромовым рудам и концентратам заключаются в следующем:

металлургический сорт – содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  более 48 %;  $\text{SiO}_2$  менее 3 % и  $\text{MgO}+\text{Al}_2\text{O}_3$  менее 25 %; отношение хрома к железу более 2,8; предпочтительны твердые и кусковые руды;

огнеупорный сорт – содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  около 31 %,  $\text{SiO}_2$  менее 6 %, железа не более 12 % и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  не более 25 %; предпочтительны твердые и кусковые руды;

химический сорт – содержание  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  около 45 %,  $\text{SiO}_2$  менее 5 % и  $\text{Al}_2\text{O}_3$  не более 25 %; отношение хрома к железу 1,6; предпочтительны рыхлые руды.

50. Для попутных компонентов (в частности, платиноидов) 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 их нахождения и рассчитать баланс распределения по продуктам обогащения, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность извлечения.

Полнота и достоверность комплекса полученных данных должна обеспечивать возможность проведения объективного технико-экономического обоснования эффективности предлагаемых решений по технологии переработки руд и разработки технологического регламента.

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

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

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

оценить возможность водопритоков по тектоническим нарушениям; наличие или отсутствие связи трещинно-грунтовых и трещинно-жильных вод по нарушениям с грунтовыми водами четвертичных отложений;

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; при наличии рудника определить состав рудничных вод;

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

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

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

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет эксплуатационных запасов. Подсчет эксплуатационных запасов дренажных вод производится руководствуясь соответствующими методическими документами. Апробация отчетов с подсчетом эксплуатационных запасов дренажных вод производится уполномоченным экспертным органом отдельно от отчета по разведке месторождения основного полезного ископаемого.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых

решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

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

52. Проведение инженерно-геологических исследований на месторождениях при разведке необходимо для информационного обеспечения проекта разработки (расчета основных параметров карьера, определения устойчивости подземных выработок и их крепления) и повышения безопасности ведения горных работ.

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

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

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

Учитывая структурно-тектонические особенности хромитовых месторождений, особое внимание следует уделить ведущим инженерно-геологическим факторам, определяющим условия эксплуатации:

при изучении тектонических нарушений и зон трещиноватости, приуроченных к прочным, хрупким, высокомодульным ультраосновным породам, необходимо оценить мощность, степень и характер заполнителя нарушений, особенно их водопроводимость, как по площади, так и по глубине; также необходимо оконтурить участки повышенной трещиноватости, оперяющей как к нарушениям, так и к контакту с рудными телами, и выделить структурные блоки в массиве, которые будут являться основой при инженерно-геологическом районировании массива;

при изучении физико-механических свойств пород и руд в естественном и водонасыщенном состоянии особое внимание следует уделить влиянию вторичных изменений, снижающих прочностные свойства, и трещиноватости, как природной, так и техногенной (буровзрывной) разноориентированной, а также свойствам заполнителя нарушений, свойствам современных и древних кор выветривания, определить свойства руд со сплошным, вкрапленным и прожилковым оруденением.

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

53. Месторождения хромовых руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (штольни, шахты) способами. Рыхлые и мелковалунчатые руды могут отрабатываться способом скважинной гидродобычи (СГД). Диаметр добычных скважин (320–420 мм) должен в 3 раза превышать размер валунов (обломков) руды. Опытные работы и технико-экономические расчеты показали, что способ СГД имеет преимущество перед открытым и подземными способами, начиная с глубины 25 м и больше.

Перспективным способом управления качеством добываемой руды, который способствует оптимальной реализации системы обработки, является экспресс-анализ на рудоконтролирующих станциях (РКС) отбитой горнорудной массы в транспортных емкостях (автосамосвалах, ковшах погрузо-доставочных машин или в скипах, вагонетках и др.) с крупнопорционной сортировкой на кондиционную руду и отвальную породу.

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

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 экологию, изучена возможность использования оборотных вод, оценены направления использования отходов, получаемых при рекомендуемой технологической схеме обогащения хромовых руд (например, в качестве магнезиальных огнеупоров), даны рекомендации по очистке промстоков и объему потребления технической воды.

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

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

56. 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.

57. 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.

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

59. 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

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

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

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

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

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

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

62. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений хромовых руд.

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

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

Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам без экстраполяции, а основные геологические характеристики рудных тел и качество руды в пределах этого контура определены по достаточному объему представительных данных. Промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

На разрабатываемых месторождениях запасы категории В подсчитываются по данным эксплуатационной разведки и горно-подготовительных выработок.

К категории С<sub>1</sub> относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках

детализации, или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. При невозможности геометризации и оконтуривания промышленных (технологических) типов руд количество и качество их в подсчетном блоке определяется статистически.

Контурные запасы категории  $C_1$ , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией.

Запасы категории  $C_2$  подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний  $Cr_2O_3$ .

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

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

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

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

64. На разрабатываемых месторождениях вскрытые, подготовленные и готовые к выемке, а также находящиеся в охранных целиках горно-капитальных и горно-подготовительных выработок запасы руд подсчитываются отдельно с подразделением по категориям в соответствии со степенью их изученности.

65. Запасы руд, заключенные в охранных целиках крупных водоемов и водотоков, населенных пунктов, капитальных сооружений и сельскохозяйственных объектов, заповедников, памятников природы, истории и культуры, относятся к балансовым или забалансовым в соответствии с утвержденными кондициями.

66. На разрабатываемых месторождениях для контроля за полнотой отработки ранее утвержденных запасов и обоснования достоверности вновь разведанных и 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 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.

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

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количеством и качеством исходной разведочной информации, методологией анализа первичных данных и моделирования, отвечающей индивидуальным геологическим особенностям строения разведываемого месторождения (законам распределения подсчетных параметров, характеру тренда и анизотропии, влиянию структурных границ, структуре и качеству экспериментальных вариограмм, параметрам поискового эллипсоида и др.). При использовании процедуры крайгинга количество и плотность разведочных пересечений должно быть достаточным 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 блока выбирается исходя из планируемой технологии добычи, минимальный определяется плотностью созданной на месторождении разведочной сети наблюдений (не рекомендуется принимать размер сторон элементарного блока менее  $\frac{1}{4}$  средней плотности сети).

Результаты подсчета запасов могут быть представлены в двух видах: при расчете по сетке одинаковых равноориентированных блоков составляются таблицы подсчетных параметров по всем элементарным блокам совместно со значениями дисперсии крайгинга;

при расчете крупными геологическими блоками индивидуальной геометрии каждый блок должен быть привязан в пространстве и иметь список проб, входящих в зону влияния.

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

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления 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 контролируемы в своем применении и подчинены особенностям геологического строения месторождения. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться (сравниваться) с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

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

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

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

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

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

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

71. На оцененных месторождениях хромовых руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения разведочной стадии работ, выявлены

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

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

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

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

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

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

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

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

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

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

разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или 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  $C_2$  при проектировании отработки месторождений в каждом конкретном случае определяется государственной геологической экспертизой и оформляется в виде рекомендации. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

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

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

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

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

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

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

изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;

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

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

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

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

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

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

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

## Приложение (справочное)

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

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

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

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам ( $\lambda_p$ ) к общей длине пересечений в пределах продуктивной зоны (в границах промышленного оруденения –  $\lambda_0$ ):

$$K_p = \frac{\lambda_p}{\lambda_0}. \quad (1.1)$$

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

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

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

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

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

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

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

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

Группа месторождений	Показатели изменчивости объектов разведки			
	формы			содержания
	$K_p$	$q$	$V_m, \%$	$V_C, \%$
1-я	0,9–1,0	0,8–0,9	< 40	< 40
2-я	0,7–0,9	0,6–0,8	40–100	40–100
3-я	0,4–0,7	0,4–0,6	100–150	100–150
4-я	< 0,4	< 0,4	> 150	> 150

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