

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

### **I. Общие сведения**

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (марганцевых 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 (3ч.), ст.5759; 2006, № 52 (3ч.), ст. 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 26, ст.2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 7 марта 1997 г. № 40, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении марганцевых 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. Марганец – серебристо-белый хрупкий металл, имеющий плотность 7,2–7,46 г/см<sup>3</sup>, температуру плавления 1244 °С. Основным потребителем марганцевых продуктов в России в настоящее время является черная металлургия (около 90 %), где он используется преимущественно в виде сплавов с железом (ферромарганца) и кремнием (силикомарганца), а также металлического марганца, применяемых для раскисления и легирования стали. В сравнительно небольшом количестве марганец используется в производстве сплавов с цветными металлами (медью, алюминием, никелем и др.). Только 5–10 % металла потребляется в электротехнической (для производства сухих батарей), химической промышленности, керамическом и стекольном производстве, в сельском хозяйстве (добавки в минеральные удобрения и в корма для животноводства).

4. Среднее содержание марганца в земной коре около 0,1 %, в различных горных породах оно колеблется от 0,06 до 0,2 %. Марганец встречается в природе главным образом в виде оксидов, гидроксидов, карбонатов и силикатов. Известно более 150 минералов, содержащих марганец, но промышленное значение имеет лишь небольшая их часть (табл.1).

Таблица 1

**Главные минералы марганцевых руд**

Минералы	Химическая формула	Содержание Mn, %
1	2	3
Пирролюзит	$MnO_2$	60–63,2
Гаусманит	$Mn_3O_4$	72,0
Браунит	$3Mn_2O_3 \cdot MnSiO_3$	60–69,5
Псиломелан	$(Ba, Mn^{2+})_3 Mn^{4+}_8 O_{16}(OH)_6 \cdot nH_2O$	45–60
Якобсит	$MnFe_2O_4$	50–55
Манганит	$MnOOH$	62,5
Вернадит	$MnO_2 \cdot nH_2O$	44–52
Тодорокит	$(K, Ca, Mn^{2+})(Mn^{4+}, Mn^{2+}, Mg)_6O_{12} \cdot 3H_2O$	47–54
Родохрозит	$MnCO_3$	47,8
Алабандин	$MnS$	60,4
Галоксит	$MnAl_2O_4$	50,5–52,3
Родонит	$CaMnSi_3O_{18}$	32–43
Рансьеит	$(Ca, Mn^{2+})Mn^{4+}_4 O_9 \cdot 3H_2O$	43–50
Бустамит	$(Ca, Mn)_3(Si_3O_9)Fe, Mg, Zn$	12–20

5. На территории России крупных разрабатываемых месторождений марганца нет, потребности металлургической и химической промышленности удовлетворяются в основном за счет импорта товарных марганцевых руд Украины, Грузии, Казахстана.

Разведанные и учтенные государственным балансом запасы представлены бедными и труднообогатимыми рудами. В связи с этим проблема создания собственной марганцеворудной базы может быть решена за счет разработки более совершенных технологий обогащения карбонатных руд, а также поиска и разведки новых месторождений, в том числе нетрадиционных типов.

6. Промышленные типы месторождений марганцевых руд представлены: морскими осадочными и вулканогенно(гидротермально)-осадочными, метаморфизованными и гипергенными, а также месторождениями железомарганцевых образований (конкреции, корки) дна морей и океанов (табл. 2).

Осадочные морские месторождения имеют наибольшее промышленное значение, в них сосредоточено более 80 % мировых запасов марганцевых руд. Типичными представителями этого типа месторождений являются Никопольское, Большетокмакское (Украина), Чиатурское (Грузия), Варненское (Болгария), локализованные в песчано-глинистых отложениях нижнего олигоцена и образующие крупнейшую Причерноморскую провинцию. В России к данному типу относится Северо-Уральская группа месторождений (Марсятское, Тыньинское, Березовское и др.).

Месторождения представляют собой полого залегающие пластовые залежи, состоящие из одного или нескольких (до 25) пластово-линзовидных тел, переслаивающихся со

слоями безрудных пород. Мощность рудных прослоев колеблется от 0,1 до 4 м, а рудных залежей – до 11 м (Чиатурское). Общая латеральная протяженность рудных районов достигает 200–250 км (Южная Украина, Зауралье). В составе руд широкое развитие имеют оксидные, оксидно-карбонатные и карбонатные разновидности, последовательно сменяющие друг друга в направлении выклинивания. Вулканогенно (гидротермально) - осадочные месторождения локализуются в составе вулканогенно-осадочных формаций, которые отвечают различным стадиям геосинклинального развития складчатых зон и отличаются друг от друга вещественным составом рудовмещающих пород, соотношением вулканической и осадочной составляющих парагенезисов. На территории СНГ наиболее важное промышленное значение имеет вулканическая формация. Рудные залежи имеют форму линз, пластовых тел различной мощности и протяженности, которые залегают согласно с вмещающими породами. Руды месторождений в разной степени изменены под влиянием регионального метаморфизма, в связи с чем нередко имеют сложный минеральный состав. Главными минералами руд являются оксиды марганца (гаусманит и браунит). В ряде месторождений присутствуют силикаты марганца (родонит, бустамит, спессартин). Марганцевые руды нередко ассоциируют с рудами других металлов: железными – Магнитогорская группа месторождений (Россия), железными и полиметаллическими – Атасуйская группа месторождений (Казахстан).

Метаморфогенные месторождения связаны с марганецсодержащими силикатными породами – гондитами и итабиритами, заключающими в себе прослои и линзы марганцевых руд, характеризующихся большим разнообразием марганецсодержащих минералов, среди которых преобладают оксиды (браунит, гаусманит), карбонаты (родохрозит, манганокальцит) и силикаты (родонит, бустамит). Рудные толщи имеют значительную суммарную мощность и протяженность (десятки километров). Наиболее крупные марганцеворудные объекты такого типа известны в ЮАР, Индии и Бразилии. В России с гондитовой формацией связано Утхумское проявление в Саянах.

Месторождения выветривания (гипергенные) образуются в зоне гипергенеза первичных марганцевых руд и марганценосных пород, содержащих минералы марганца низших валентностей – карбонаты, силикаты, оксиды (браунит, гаусманит). Значительные по запасам месторождения этого типа известны в Западной Африке, Южной Америке, Индии. Месторождения представляют собой серии пластов и линз пиролюзит-псиломелановых высококачественных руд. На территории России собственно гипергенных месторождений нет, а руды зоны гипергенеза проявлены на всех месторождениях марганца и связаны преимущественно с мезозойско-кайнозойскими корами выветривания (Усинское, Парнокское, Дурновское, Николаевское, Мазульское и др.) и, порой, определяют промышленную ценность месторождения (Порожинское).

Таблица 2

## Промышленные типы месторождений марганца и основные типы руд

Промышленный тип месторождений	Рудно-формационный тип месторождений	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание Mn, % (попутные полезные компоненты)	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений (проявлений)
1	2	3	4	5	6
Осадочные морские	Пластовый в осадочных (терригенных) породах	Родохрозитовый	16–48	Металлургический марганцевый карбонатный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Новоберезовское
		Пиролозит-псиломелановый	26–50	Химический марганцевый пероксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Чиатурское (Грузия)
Вулканогенно (гидротермально)-осадочные	Пласто- и линзообразный в вулканогенно-осадочных породах	Родохрозитовый с манганокальцитом	16–32	Металлургический марганцевый карбонатный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Усинское, Порожинское
		Гематит-гаусманит-браунитовый	16–35	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Дурновское
		Браунит-гаусманит-магнетитовый с родохрозитом	20–35	То же	Южно-Хинганское
Метаморфогенные	Пласто- и линзообразный в метаморфических породах	Гаусманит-пиролозит-родохрозитовый	12–28	Металлургический марганцевый оксидно-карбонатный (гравитационно-магнитный)	Парнокское

1	2	3	4	5	6
Выветривания (гипергенные)	Плаще- и линзообразный в корях выветривания месторождений и марганцево-содержащих пород	Пиролозит-псиломелан-криптомелановый с гётитом и гидрогётитом	15–45	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-(магнитный))	Николаевское
		Гётит-вернадит-псиломелановый	16–28	То же	Шунгулешское (проявление)
		Пиролозит-псиломелановый	26–37	”	Кипчакское (проявление)
		Псиломелан-вернадитовый	25–30	”	Усинское
		Вернадит-псиломелан-пиролозитовый	15–28	Металлургический марганцевый оксидный (промывочный, сортировочный, гравитационно-магнитный)	Порожинское
		Пиролозит-псиломелановый	10–19	Металлургический марганцевый оксидный (сортировочный, гравитационно-магнитный)	Громовское
Диagenетически-седиментационные в современных осадках	Плащеобразный	Кобальт-железо-марганцевые конкреции и корки	20–30 (Fe, Co, Ni, Cu)	Металлургический, химический кобальт-марганцевый оксидный (гидрометаллургический)	Абиссальные равнины дна океанов (ЖМК) и подводные горы и поднятия (КМК)
		Железо-марганцевые конкреции и корки	5–30 (Fe)	Металлургический, железомарганцевый оксидный (гидрометаллургический)	Шельф Финского залива

Скопления железомарганцевых образований на дне морей и океанов относятся к перспективным комплексным месторождениям, образующимся в процессе седиментации и диагенеза современных осадков. По условиям образования среди них выделяются глубоководные и мелководные.

Железомарганцевые конкреции (ЖМК) и кобальтомарганцевые корки\* (КМК) встречаются во всех океанах.

ЖМК сосредоточены на абиссальных долинах океанов преимущественно на глубинах 4800–5500 м. Подавляющее число рудных полей расположено в Тихом океане, особенно в зоне Кларион – Клиппертон. (1500×2000 км). Плотность залегания конкреций (их масса приходящаяся на 1 м<sup>2</sup> дна) варьируется в широких пределах, редко превышая 30 кг/м<sup>2</sup>.

Залежи конкреций являются комплексными месторождениями Mn, Ni, Co и Cu. Диаметр конкреций составляет 0,1–10 см., преимущественно – 3–7 см. Конкреции содержат (%): Mn 25–30; Fe 6–12; Ni 1–2; Co 0,2–1,5; Cu 1–1,5; P 0,5–1; в качестве примесей в них обнаружены Mo, PЗЭ, V, платиноиды, Au и другие компоненты.

Потенциальный интерес представляют кобальтомарганцевые конкреционно-корковые образования Мирового океана, известные на подводных горах и океанических поднятиях на глубинах от 300 до 4000 м, где они нередко образуют покрытия мощностью от нескольких миллиметров до 10 см на коренных породах или уплотненных осадках. Корки сложены гидроксидами Fe и содержат Mn, Co, Ni, Cu и P.

Железомарганцевые конкреции\* (ЖМК) на дне Финского залива Балтийского моря являются новым видом минерального сырья, использование которого обусловлено острым дефицитом в России марганецсодержащих руд. Целенаправленно руды начали изучаться только с 1999 г.

ЖМК залегают непосредственно на поверхности морского дна и образуют залежи относительно небольших (3–15 км) размеров на глубине 10–90 м. В составе конкреций гидроксиды и оксиды марганца составляют 65–70 % общей массы рудного вещества, гидроксиды железа 30–35 %. Содержания Mn в ЖМК колеблется от 5 до 30 %, Fe 5–30 %, P 1–5 %, органического вещества 7,5–24 % при среднем 11,5 %.

Залежи шельфовых ЖМК Финского залива значительно отличаются от известных залежей глубоководных океанических ЖМК по морфологии пластов, условиям формирования и залегания, минеральному и химическому составу конкреций, технологии их добычи и переработки. Шельфовые ЖМК в отличие от глубоководных могут рассматриваться исключительно как марганцевая руда.

7. По минеральному составу марганцевые руды разделяются на оксидные, карбонатные и смешанные.

Наибольшее промышленное значение имеют оксидные руды, в которых главными рудными минералами являются оксиды и гидроксиды марганца (пиролюзит, псиломелан, якобит, манганит, браунит, гаусманит и др). Оксидные руды включают окисные (первичные пиролюзит, псиломелан, манганит, браунит, якобит и др.) и окисленные – развивающиеся в коре выветривания главным образом карбонатных руд (пиролюзит, псиломелан, вернадит, тодорokit, криптомелан). За рубежом наибольшее промышленное значение имеют окисные (пероксидные – пиролюзитовые, несутитовые) руды (Mn 50±8 %) низко-

---

\* Требования к изучению железомарганцевых конкреций и кобальтомарганцевых корок Мирового океана регламентируются соответствующими нормативными и методическими документами.

\* Требования к изучению железомарганцевых конкреций шельфа Финского залива Балтийского моря в настоящее время регламентируются «Временными методическими рекомендациями по применению Классификации запасов твердых полезных компонентов к месторождениям шельфовых железомарганцевых конкреций» (С.-Пб, 2003).

фосфористые ( $P$  0,04–0,08 %), как правило используемые без обогащения. Окисные руды интенсивно используются промышленностью, так как отличаются высоким содержанием марганца, легко обогащаются путем простого грохочения и служат высококачественным сырьем, пригодным для химической промышленности и производства стандартных марок ферромарганца. В России крупные и среднего масштаба месторождения окисных руд отсутствуют. Руды мелких месторождений бедные и среднего качества (15–37 %  $Mn$ ), хрупкие, при дроблении склонные к переизмельчению и, как следствие, – к потерям наиболее ценных минералов со шламами.

Среди руд этого типа выделяют пероксидные, отличающиеся преимущественно пиролюзитовым минеральным составом. В качестве критерия для отнесения марганцевых руд к пероксидным используют коэффициент пероксидности – отношение содержания диоксида марганца к содержанию общего марганца ( $K = MnO_2/Mn$ ): руды относятся к пероксидным, если коэффициент пероксидности  $\geq 1,3$  при содержании  $MnO_2 \geq 41,8$  %. Пероксидные руды Грузии (Чиатурское месторождение) бедные (26 %  $Mn$ ) – единственные в СНГ, из которых обогащением получают высококачественные пиролюзитовые концентраты.

В России основное промышленное значение имеют окисленные руды кор выветривания – марганцевые и железомарганцевые, от низкофосфористых ( $P \leq 0,1$  %) до высокофосфористых ( $P > 0,3$  %) – Усинское, Порожинское, Николаевское, Парнокское, Дурновское и другие месторождения.

Несколько особняком стоят окисные руды ЖМК и КМК дна морей и океанов. Руды являются природно-легированными и могут широко использоваться в черной металлургии: при содержании  $Mn$  10–35 % – для получения зеркального чугуна, при 5–10 % – для производства марганцевистого чугуна. Это процесс прямого легирования, который медленно, но внедряется на заводах России. Считается, что при содержании  $Mn$  в железной руде больше 15 % расходы энергоносителей превышают необходимый экономический эффект (руды трудно плавятся), но процесс прямого легирования приводит к значительной экономии дорогих марганцевых сплавов.

Карбонатные руды сложены преимущественно карбонатами марганца: родохрозитом, манганокальцитом, марганцовистым кальцитом. Руды при относительно низких содержаниях марганца (не превышает 20–25 %) и относительно высоком содержании фосфора характеризуются трудной обогатимостью и высокой себестоимостью концентратов, однако в связи с сокращением запасов окисных руд и поиском прогрессивных технологий переработки доля их в производстве марганца будет неуклонно возрастать.

В результате использования новых схем обогащения и скважинного подземного и кучного (чанового) выщелачивания на первое место по промышленной значимости выходят карбонатные руды с родохрозитом, манганокальцитом и др. Руды от бедных (15–25 %  $Mn$ ) до богатых (37–48 %  $Mn$ ). В России запасы и прогнозные ресурсы бедных руд и руд среднего качества исчисляются десятками-сотнями миллионов до миллиарда тонн (Новая Земля, Архангельская, Свердловская, Кемеровская обл., Республика Хакасия, Иркутская обл., Хабаровский край, Магаданская обл. и др.).

Большое потенциальное значение для черной металлургии имеют марганцевистые известняки (5–10 %  $Mn$ , 46–52 %  $CaO$ ), которые можно использовать в качестве флюса и раскислителя: 1 млн т легированных марганцевых флюсовых известняков (Улутелякское месторождение в Республике Башкирия, Усинское – в Кемеровской обл. и др.) позволят экономить около 20 тыс. т марганцевых сплавов.

Смешанные руды являются переходным типом между оксидными и карбонатными. Их химический состав зависит от количественного соотношения оксидов (манганита, пиролюзита, псиломелана) и карбонатов марганца (манганокальцита, родохрозита), в соответствии с которым выделяются железомарганцевые, карбонатно-силикатные, оксидно-силикатные, оксидно-силикатно-карбонатные и др. Наиболее ярко они проявлены на Большетокмакском месторождении Украины, где обогащением выделяют селективные продукты – оксидных и карбонатных минеральных типов, которые в дальнейшем подвергаются глубокому обогащению с получением товарных продуктов.

Карбонатно-силикатные, оксидно-силикатные, оксидно-силикатно-карбонатные смешанные руды могут представлять промышленный интерес при условии небольшого количества силикатов марганца и пониженного содержания фосфора. Промышленная технология обогащения карбонатно-силикатных руд с получением товарных ликвидных продуктов разработана только в Австралии: для реализации Ca-Si-Mn промпродукт (32–37 % Mn) облагораживается подшихтовкой родохрозитовыми или пиролюзит-псиломелановыми богатыми концентратами.

Кроме марганца в рудах может присутствовать железо, количество которого иногда значительно. По соотношению этих элементов выделяются: а) железомарганцевые руды, в которых оба металла находятся в существенных количествах, часто при преобладании железа ( $Mn/Fe \leq 1$ );

б) марганцовистые железные руды (с содержанием марганца 5–10 %). Из-за тесного срастания этих минералов руды относятся к труднообогатимым.

Браунит-гаусманитовые руды образуются при слабом метаморфизме осадочных месторождений. Они представляют значительный промышленный интерес, но не образуют крупных месторождений и добываются в небольшом количестве. В качестве примеси в рудах присутствуют оксиды железа, карбонаты марганца. Руды характеризуются вкрапленными, массивными, слоистыми текстурами, при обогащении переизмельчаются, концентраты требуют брикетирования.

В марганцевых рудах нередко присутствуют вольфрам, никель, кобальт, золото, серебро, цинк, свинец, таллий, барий, бор, фосфор. Последний является вредной примесью, к содержанию его в концентрате предъявляются жесткие требования. Золото мелкое и тонкое, находится в свободном состоянии и может быть выделено механическими способами. Анализ геологических материалов показал, что в окисленных рудах марганца всех месторождений России и СНГ содержится значимое количество золота (до 300 мг/т); при содержании более 80 мг/т извлекаемого золота процесс становится экономически рентабельным.

Фосфор связан с минералами марганца, железа и апатитом: в последнем случае при обогащении выделяется промпродукт с содержанием до 30 %  $P_2O_5$ , из минералов марганца и железа фосфор извлекается выщелачиванием.

Вольфрам представлен собственными минералами (вольфрамит, гюбнерит, шеелит) и выделяется в собственный промпродукт. Никель, кобальт и другие цветные металлы могут быть выделены выщелачиванием.

В США (цинковое месторождение Франклин, штат Нью-Джерси) марганец и железо выделяют из франклинитовых руд (франклинит –  $(Fe, Mn, Zn)O$  ( $Fe, Mn$ ) $_2O_3$ ). Из руды цинк выделяется дисцилляцией, осадок содержит до 15 % Mn и около 40 % Fe, используемого для производства зеркального чугуна.



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

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

К 1-й группе относятся осадочные месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными пластообразными горизонтальными или слабонаклонными залежами простого строения, с выдержанной мощностью, равномерным распределением марганца и закономерной сменой различных типов руд (Никопольское и Большетокмакское месторождения в Украине).

Ко 2-й группе относятся осадочные месторождения (участки) сложного геологического строения с рудными телами, представленными крупными пологопадающими пластообразными залежами сложного строения с невыдержанной мощностью, неравномерным распределением марганца, сложным и незакономерным сочетанием различных типов руд. Это Чиатурское месторождение (Грузия), Северо-Уральская группа месторождений (Россия), а также вулканогенно(гидротермально)-осадочные и метаморфогенные месторождения с крупными и средними пластообразными залежами сложного строения, невыдержанной мощности, с неравномерным распределением марганца и незакономерной сменой различных типов руд (Западный Кара-Джал, залежи ЖМК Финского залива).

К 3-й группе относятся месторождения выветривания с мелкими линзообразными и гнездообразными залежами, весьма неравномерным оруденением и сложной морфологией, а также месторождения других промышленных типов с мелкими пластообразными и линзообразными залежами сложного строения, невыдержанной мощностью, неравномерным распределением марганца, незакономерной сменой различных типов руд (Южно-Хинганское месторождение, Россия).

9. Принадлежность месторождения к той или иной группе устанавливается по степени сложности геологического строения основных рудных тел, заключающих не менее 70 % балансовых запасов месторождения.

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

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

11. По разведываемому месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях марганца составляются в масштабе 1:2000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, штольни, шахты, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, естественные обнажения рудных тел и минерализованных зон должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2000.

Для скважин вычисляются координаты точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и строятся проложения их стволов на планах и разрезах.

12. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологических картах масштаба 1:2000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания рудных тел, распределении марганцевой минерализации, особенностях взаимоотношения рудных тел с литолого-петрографическими комплексами вмещающих пород, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. Эти материалы должны отражать также размещение различных типов руд, строение кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощности, содержания марганца и вредных примесей. Следует обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков\*.

13. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или рудовмещающих горизонтов должны быть тщательно изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы. Детальность изучения должна позволить установить морфологию и условия залегания рудных тел, глубину развития и строение зоны окисления, степень окисленности первичных руд, особенности изменения вещественного состава, качества и технологических свойств руд и провести подсчет запасов окисленных, смешанных и первичных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

14. Разведка месторождений марганца на глубину осуществляется в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и в скважинах), а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с горными выработками. Горные выработки являются средством контроля данных бурения, отбора бороздовых и технологических проб, их целесообразно проходить на участках детализации, намеченных к первоочередной отработке.

Методика разведки определяется исходя из геологических особенностей месторождения с учетом возможностей буровых, горных и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа. Она должна обеспечить возможность квалификации запасов при их подсчете по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения.

15. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности, позволяющий выяснить особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощность, внутреннее строение рудных тел, распределение природных разновидностей руд, 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. Достовер-

---

\* По району месторождения и рудному полю представляются геологические карты, карта полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 (иногда 1:10 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород месторождений марганца и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы марганца. 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.

ность линейного выхода керна следует систематически контролировать другими способами.

Представительность керна для определения содержаний марганца, попутных компонентов и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности его избирательного истирания. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования керна и шлама (по интервалам с их различным выходом) с данными опробования контрольных горных выработок, скважин ударного, пневмоударного и шарошечного бурения, а также колонковых скважин, пробуренных 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 разновидностями руд, следует применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода керна (бурение без промывки, укороченными рейсами, применение специальных промывочных жидкостей и т.п.)

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

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы 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 и веера подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

16. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, мощности и особенностей геологического строения.

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся в отечественной практике при разведке месторождений марганцевых руд, могут учитываться 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 рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

17. Участки и горизонты месторождения, намеченные к первоочередной отработке, должны быть разведаны наиболее детально. Запасы на таких участках или горизонтах месторождений 2-й группы должны быть разведаны по категории В, а на месторождениях 3-й группы – категории С<sub>1</sub>. При этом сеть разведочных выработок на участках детализации це-

лесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории  $C_1$ .

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

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

Таблица 3

**Сведения о плотности сетей разведочных выработок – скважин,  
применявшихся при разведке месторождений марганцевых руд в  
СНГ**

Группа месторождений	Структурно-морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками для категорий запасов (в м)					
		А		В		С <sub>1</sub>	
		по простиранию	по падению	по простиранию	по падению	по простиранию	по падению
1-я	Весьма крупные пластообразные залежи простого строения	100–150	100–150	200–300	200–300	600	600
2-я	Весьма крупные пластообразные залежи сложного строения	–	–	200	200	400	400
	Крупные и средние пластообразные и линзообразные залежи сложного строения	–	–	50–100	50–100	100–200	100–200
3-я	Мелкие пластообразные и линзообразные залежи сложного строения	–	–	50–100	25–50	100	50–100
<p align="center"><b>П р и м е ч а н и е.</b> Для <b>оцененных месторождений</b> запасы категории С<sub>2</sub> устанавливаются по сети разведочных выработок в 2–4 раза реже, чем для категории С<sub>1</sub>, в зависимости от группы сложности месторождения.</p>							

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

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

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой специально назначенными в установленном порядке комиссиями. Следует также оценить качество опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования), представительность минералого-технологических и инженерно-гидрогеологических исследований, качество определений объемной массы, обработки проб и аналитических работ.

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

20. Выбор методов и способов опробования производится исходя из конкретных геологических особенностей месторождения. Они должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких методов и способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов и достоверности.

При выборе методов (геологических, геофизических) и способов (керновый, бороздовый, задииковый и др.) опробования, определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности результатов опробования следует руководствоваться соответствующими методическими документами, и «Методическими рекомендациями по геофизическому опробованию при подсчете запасов месторождений металлов и нерудного сырья», утвержденными распоряжением МПР России № 37-р от 05.06.2007.

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

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

- опробование 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 разведочных выработках кроме коренных выходов руд, должны быть опробованы и продукты их выветривания;

- природные разновидности руд и минерализованных пород должны опробоваться отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как керна, так и измельченные продукты бурения; мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и кернавая проба, обрабатываются и анализируются они отдельно;

- длина секции опробования (интервалов интерпретации каротажа) не должна превышать 1 м, в случае больших мощностей и равномерного оруденения – 2 м, в соответствии с соответствующими методическими документами для изучения неравномерности (порционной контрастности) руд;

- результаты ядерно-геофизического опробования (каротажа) должны интерпретироваться дифференциально по интервалам 5–10 см, эквивалентным размеру куска для определения контрастности руды в естественном залегании в соответствии с соответствующими методическими документами.

- 22. Качество опробования по каждому принятому способу и по основным разновидностям руд необходимо систематически контролировать, оценивая точность и достоверность результатов. Следует 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 руды).

Точность кернового опробования следует контролировать отбором проб из вторых половинок керна.

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование (или повторный каротаж) рудного интервала.

Достоверность принятых методов опробования контролируется более представительным методом. Данные по каротажу должны быть подтверждены результатами опробования керна по опорным скважинам с высоким его выходом (более 90 %). При наличии избирательного истирания, существенно искажающего результаты опробования, достоверность опробования по скважинам заверяется опробованием сопряженных горных выработок.

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

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

23. Обработка проб производится по схемам, разработанным для каждого месторождения или принятым по аналогии с однотипными месторождениями. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме. Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности величины коэффициента  $K$  в формулах сокращения проб и соблюдения схем обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

24. Химический состав руд должен изучаться с полнотой, обеспечивающей установление всех основных и попутных полезных компонентов, шлакообразующих компонентов и вредных примесей. Содержания их в руде определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими\* и другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

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

Все рядовые пробы анализируются на марганец и фосфор (в окисленных рудах, кроме того, определяется содержание диоксида марганца), а пробы железомарганцевых руд – на марганец и железо.

---

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

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

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

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

26. 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. В обязательном порядке на внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

27. Объем внутреннего и внешнего контроля должен обеспечить представительность выборки по каждому классу содержаний и периоду разведки (квартал, полугодие, год). При выделении классов следует учитывать параметры кондиций (бортное и минимальное промышленное содержание). В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5 % от их общего количества; при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

28. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится (в соответствии с методическими указаниями НСАМ №16 от 1982 г.) по периодам, отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных.

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



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

Ком- понент	Класс со- держаний компонен- тов в руде*, %	Предельно допус- тимая относительная сред- неквадратическая погрешность, %	Ком- понент	Класс со- держаний компонентов в руде*, %	Предельно допус- тимая относительная среднеквадратиче- ская погрешность, %
Mn	>22	1,2	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10–15	5,0
	13–22	2,0		5–10	6,5
	5–13	2,5		1–5	12
	3–5	3,5	CaO	20–40	2,5
	0,5–3	6,0		7–20	6,0
	0,2–0,5	10		1–7	11
Fe	30–45	2,0	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,3–1	5,5
	20–30	2,5		0,1–0,3	8,5
	10–20	3,0		0,05–0,1	12
	5–10	6,0		0,01–0,05	22
SiO <sub>2</sub>	20–50	2,5			0,001–0,01
	5–20	3,5	S	1–2	9
	1,5–5	11		0,5–1	12
				0,3–0,5	15
* Если выделенные на месторождении классы содержаний отличаются от указанных, то предельно допустимые среднеквадратические погрешности определяются интерполяцией.					

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

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

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

31. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства (в первую очередь гравитационные и магнитные) должны быть изучены с применением минералого-петрографических,

физических, химических и других видов анализов по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ).

Особое внимание должно быть уделено изучению марганцевых минералов, определению их количества, выяснению их взаимоотношений между собой и с другими минералами (наличие и размеры сростков, характер срастания), определению средневзвешенного размера зерен марганцевых минералов, их распределения по крупности, а также описанию оолитов, конкреций, характера слоистости и т. д. В оолитовых, конкреционных и конгломератовых рудах важно выяснить характер цемента – рыхлый (песчанистый, глинистый), плотный (например, браунитовый), зернистый и др. В процессе минералогических исследований должно быть изучено распределение марганца, попутных и шлакообразующих компонентов, вредных примесей и составлен баланс их распределения по формам минеральных соединений.

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

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

Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется путем выемки целиков. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с определением объемной массы на том же материале определяется влажность руд. Образцы и пробы для определения объемной массы и влажности должны быть охарактеризованы минералогически и проанализированы на основные компоненты.

33. В результате изучения химического, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств, руд должны быть установлены природные разновидности руд и предварительно намечены промышленные (технологические) типы и сорта, подлежащие раздельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

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

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

34. Для всех промышленных (технологических) типов марганцевых руд базовой является радиометрическая и стадияльная гравитационно-магнитная схема обогащения. В ней используется принцип "щадящей" технологии, заключающийся в выделении и сохранении при переработке руды крупнокускового продукта, по качеству и гранулярному составу отвечающего требованиям, предъявляемым к шихте при выплавке марганцевых сплавов.

35. Проведению технологических исследований руд должно предшествовать изучение возможности радиометрической крупнопорционной сортировки добываемой горнорудной массы в транспортных емкостях. Предварительные прогнозные технологические показатели получают расчетным путем при обработке данных опробования или каротажа в технологических контурах эксплуатационных блоков. В соответствии с соответствующими методическими документами должны быть установлены порционная контрастность руд выделенных природных разновидностей, физические признаки, которые могут быть ис-

пользованы для разделения горнорудной массы, оценены показатели радиометрической сортировки для порций разного объема. Для экспериментального подтверждения технологических показателей крупнопорционной сортировки проводятся опытные горные работы с экспресс-анализом горнорудной массы в транспортных емкостях на рудоконтролирующей станции (РКС) и сортировкой на кондиционную, некондиционную руду и отвальную породу. Достоверность экспресс-анализа руды в транспортных емкостях и качество продуктов сортировки должно быть заверено контрольным валовым опробованием.

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

36. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогащаемых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогащаемых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

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

37. Минералого-технологическими и малыми технологическими пробами должны быть охарактеризованы все природные разновидности руд, выявленные на месторождении. По результатам их испытаний проводится геолого-технологическая типизация руд месторождения с выделением промышленных (технологических) типов и составляются геолого-технологические карты, планы и разрезы. При проведении геолого-технологического картирования следует руководствоваться стандартом СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие Постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества (от 28 декабря 1998 г. №17/6).

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

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

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные технологические пробы должны быть представительными, т. е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, контрастности, физическим и другим свойствам средним параметрам руд данного промышленного (технологического) типа с учетом возможного разубоживания при добыче и повышения содержания в руде компонентов после крупно-

порционной сортировки. По гранулометрическому составу пробы должны соответствовать отбитой горнорудной массе принятой системы обработки.

38. Для руд с высоким выходом кусковой фракции  $-200+10$  мм могут использоваться сухие схемы обогащения с радиометрической сепарацией классов  $-200+10$  мм и магнитной сепарацией класса  $-10$  мм.

Исследования радиометрической обогатимости производятся на пробах принятой исходной руды в соответствии с соответствующими методическими документами и включают: определение гранулярного состава руды после крупного дробления с оценкой распределения металла по классам; изучение контрастности и обогатимости с оптимизацией признака разделения; экспериментальную оценку технологических показателей радиометрической сепарации с получением кускового марганцевого концентрата, отвальных хвостов и промпродукта, направляемого вместе с отсевом (класс  $-10$  мм) на переработку традиционными методами обогащения (гравитация, магнитная сепарация); выбор промышленной аппаратуры. Производится изучение вещественного состава продуктов обогащения.

39. При исследовании исходной руды или промпродукта радиометрической сепарации и отсева, используя методы и приемы технологической минералогии, изучают степень их окисленности, минеральный состав, структурные и текстурные особенности, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств. Определяют дробимость, степень раскрытия минеральных фаз, промываемость руды, проводят ситовой и гравитационный анализы узких классов мытой руды и шламов промывки, магнитный анализ мелких классов.

40. Специфической особенностью марганцевых руд является многообразие минеральных форм марганца, а также крайне неравномерная вкрапленность рудных минералов размером от долей миллиметра до нескольких сантиметров. Вследствие этого традиционные схемы обогащения марганцевых руд, в основу которых положен принцип извлечения ценного компонента по мере его раскрытия, отличаются разветвленностью и многостадийностью. Руды обогащаются по гравитационным, гравитационно-магнитным и гравитационно-магнитно-флотационным схемам.

При разработке схемы предусматривают:

- промывку, грохочение и дробление руды;
- крупнокусковое обогащение классов  $+10$  мм тяжелосредней сепарацией или крупнокусовой отсадкой с получением кусковых концентратов различных сортов и промпродуктов;
- обогащение исходных классов  $-10+1(0,5)$  мм и додробленных промпродуктов крупнокускового обогащения магнитной сепарацией в полях высокой интенсивности ( $\sim 750$  кА/м) или отсадкой с получением мелкокускового концентрата, промпродуктов и отвальных хвостов (крупность материала уточняется для конкретной руды в зависимости от ее свойств);
- глубокое обогащение мелких классов исходной руды, низкосортных промпродуктов гравитационно-магнитного обогащения, доизмельченных до крупности  $-25(16)+1(0,5)$  мм, и шламов промывки высокоградиентной магнитной сепарацией или флотацией с получением мелкозернистого концентрата и отвальных хвостов.

Флотацию проводят с использованием жирнокислотных собирателей: сырого таллового масла, нефтяных и технических жирных кислот, отходов производства себаценовой кислоты и т. д. Подача реагентов в виде эмульсий или мыла совместно с нефтепродуктами (дизельное топливо, соляровое масло, эмульсол, мазут и т. д.) повышают их собира-

тельную способность. В качестве реагентов – регуляторов среды применяют соду и едкий натр. Для депрессии минералов пустой породы – жидкое стекло. Флотации предшествует обесшламливание по классу –15 мкм. По коллективной схеме флотации оксиды и карбонаты флотируются вместе. По селективной схеме при небольших расходах собирателя (до 0,05 кг/т) в присутствии жидкого стекла флотируются карбонаты, затем при повышенной подаче собирателя (до 3 кг/т) флотируются оксидные марганцевые минералы. Для обогащения более крупного материала –1(0,5) мм применяется пенная сепарация, которая проводится с теми же реагентами.

Обесфосфоривание проводят гаусманитовым методом по схеме, включающей обжиг при 900 °С и выщелачивание огарка разбавленным раствором азотной кислоты при комнатной температуре с получением кондиционного оксидного концентрата.

#### 41. Перспективные методы переработки марганцевых руд:

- крупнопорционная сортировка в транспортных емкостях как ключевой элемент системы управления качеством;
- покусковая комбинированная радиометрическая (рентгенорадиометрическая и рентгенолюминесцентная) сепарация, выделяющая крупнокусковой продукт, по качеству и гранулярному составу отвечающий требованиям к шихте при выплавке марганцевых сплавов;
- магнитная сепарация с высокоинтенсивным магнитным полем для переработки материала крупностью –10 мм при использовании электромагнитных роторных сепараторов, позволяющая получать товарный продукт при значительном упрощении технологической схемы за счет исключения операций дробления и классификации руды;
- флотация с предварительной селективной коагуляцией или флокуляцией марганцевых минералов, дающая возможность снизить потери при обесшламливании (эмульсионная или колонная флотация);
- переработка карбонатных марганцевых руд, особенно труднообогащаемых, по схеме «обжиг – прямое легирование» при выплавке сталей массового назначения; получаемый комплексный продукт содержит легирующий элемент и эффективный флюс;
- гидрометаллургическая переработка, в том числе:
  - а) сульфатный метод выщелачивания марганца из руд и концентратов раствором серной кислоты при нагревании либо разложение руд дитионатным способом путем насыщения сернистым газом водной суспензии руды или шлама при 80 °С с получением сульфата марганца – полупродукта для производства ХДМ, ЭДМ,  $\text{KMnO}_4$ ; дитионатный способ не пригоден для переработки смешанных марганцевых руд;
  - б) аммонийный метод выщелачивания марганца карбонатом аммония после предварительного восстановительного обжига при 750–800 °С;
  - в) содовый метод извлечения марганца из бедных карбонатных руд обработкой их в водной суспензии диоксидом углерода под давлением с переводом карбонатов марганца в растворимый бикарбонат;
- химическое выщелачивание, в том числе шахтное, скважинное и кучное разбавленными растворами серной и соляной кислот;
- биохимическое выщелачивание, применяемое для обработки низкокачественных руд, отходов обогащения, шламов, переработка которых традиционными методами неэффективна.

В месторождениях полезных ископаемых присутствуют разнообразные группы микроорганизмов, геохимическая деятельность некоторых из них заключается в воздействии

на минералы с помощью огромного арсенала синтезируемых ими реакционно-способных метаболитов (продуктов обмена веществ), переводящих металлы в растворимое состояние в виде внутрикомплексных соединений (хелатов). Последние устойчивы к осаждению и обладают подвижностью в широком диапазоне pH.

Биохимическое выщелачивание марганца из смешанных и карбонатных руд осуществляется чановым способом. Выщелачивающим реагентом являются продукты метаболизма ацетобактерий. Из продуктивного раствора марганец выделяется химическим осаждением или электролизом. Извлечение марганца в раствор при биохимическом выщелачивании составляет более 90 %.

42. В результате проведенных исследований должна быть подтверждена правильность проведения геолого-технологической типизации руд (при необходимости заново интерпретируется геолого-технологическое картирование), определены минеральный и химический состав исходной руды и продуктов обогащения, представлены данные по промывке, дробимости, измельчаемости руд и необходимой степени измельчения материала, данные ситовых анализов исходной руды и продуктов обогащения, сведения о плотности, насыпной массе и влажности исходной руды и продуктов обогащения; установлены технологические показатели переработки: для радиометрического обогащения – выход концентрата, промпродуктов и хвостов, извлечение и содержание в них марганца и попутных компонентов, коэффициент обогащения; для процессов гравитации, магнитной сепарации и флотации – выход концентрата, его качество (содержание марганца, других полезных компонентов и вредных примесей), метод переработки концентрата, извлечение марганца и других полезных компонентов в отдельных операциях и сквозное их извлечение, расход реагентов, объем и характеристика (гранулярный состав, остаточная концентрация реагентов) продуктов, направляемых в хвостохранилище, необходимость и способы обезвреживания промстоков.

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

43. Единого государственного стандарта или технических условий на марганцевые руды не установлено. Качество концентратов в каждом конкретном случае определяется договором между поставщиком и потребителем.

В зависимости от назначения к марганцевым концентратам предъявляются различные требования. Концентраты и агломераты, используемые металлургической промышленностью, нормируются по содержанию марганца и вредных примесей (фосфор, кремнезем, железо), а также по содержанию мелочи (8–0 мм) и крупных кусков (+25 мм).

При оценке качества предполагаемой продукции обогатительного передела можно руководствоваться требованиями к концентратам, окускованным и агломерированным продуктам, перечисленными в справочнике «Минеральное сырье. Марганец» (М., 1998).

В сложившейся отечественной практике принято считать, что качество марганцевого сырья должно соответствовать нормам, указанным в табл. 5.

Таблица 5

**Качественные характеристики марганцевого сырья**

Направление использования	Характеристика марганцевых концентратов, %					Влажность, %	Гранулярный состав, мм
	Mn	MnO <sub>2</sub>	SiO <sub>2</sub>	P	S		
Керамика	45–47	70–75	–	0,15	0,03	–	–
Стеклотара	49–50	70	Не ограничено	–	–	2	–5
Темно-зеленое стекло	50–54	70–73	–	–	–	–	–5
Эмали	–	80–82	–	–	–	–	Тонкий помол
Красители	45	–	10	0,20	0,1–0,3	–	0–25
Перманганат калия	56,2	89	3	–	–	8	0,10
Химические источники тока	–	87	–	–	–	3	–
Зажигательные массы	45	90	7	Не ограничено	–	8	0,10
Сварочные флюсы	49–50	–	–	0,18	–	–	20

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

Должна быть изучена возможность использования оборотных вод и отходов, получаемых по рекомендуемой технологической схеме: переработки шламов для микроудобрений, использования промпродуктов обогащения марганцево-кальцевого состава для производства премиксов, применяемых в качестве кормовых добавок в сельском хозяйстве; даны рекомендации по очистке промстоков.

В качестве потребителей отходов горного производства и обогащения могут рассматриваться строительная, керамическая, лакокрасочная отрасли промышленности, сельское хозяйство и др.

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

45. 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 водопротоки в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании (ТЭО) кондиций, и разработать рекомендации по защите их от подземных вод. Необходимо также:

- изучить химический состав и бактериологическое состояние вод, участвующих в обводнении месторождения, их агрессивность по отношению к бетону, металлам, полимерам, содержание в них полезных и вредных примесей;
- оценить возможность утилизации дренажных вод для водоснабжения или извлечения из них ценных компонентов, а также возможное влияние их дренажа на действующие в районе месторождения подземные водозаборы;
- дать рекомендации по проведению в последующем необходимых специальных изыскательских работ, оценить влияние сброса рудничных вод на окружающую среду;
- оценить возможные источники хозяйственно-питьевого и технического водоснабжения, обеспечивающие потребность будущих предприятий по добыче и переработке минерального сырья.

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

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

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

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

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристики 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; современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения. В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубины распространения таликов, характер



изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

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

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

47. Месторождения марганцевых руд разрабатываются открытым (карьеры) и подземным (шахтные комплексы) способами. К подземному способу добычи относятся перспективные скважинные методы – выщелачивание (СПВ) марганца и гидродобыча (СГД) марганцевых руд.

При традиционных способах разработки месторождений (открытом и подземном) предпочтение отдается способу и техническим средствам добычи, обеспечивающим минимальное переизмельчение руды, т.е. минимальный выход мелких классов, с которыми обычно связаны богатые руды.

Внедрение прогрессивных методов добычи (СПВ и СГД) позволит вовлечь в отработку запасы бедных руд, а также месторождений со сложными горно-геологическими условиями залегания.

Скважинное подземное выщелачивание (СПВ) экономически целесообразно применять при разработке месторождений карбонатных руд марганца и блоков со смешанными рудами. Более благоприятны для СПВ марганцовистые доломиты, чем известняки: при выщелачивании марганца из последних серной кислотой образуется гипс, что приводит к коагуляции трещин и пустот, снижению производительности скважин по раствору. Поднятый на поверхность рабочий раствор может использоваться для получения богатого марганцем (50–53 % Mn) карбоната ( $\text{MnCO}_3$ ), металлического марганца или диоксида ( $\text{MnO}_2$ ). Опытные работы по СПВ, проведенные в Свердловской области на месторождениях карбонатных руд марганца Полуночной группы (Ивдельское и др.), дали положительные результаты. Строительство рудника СПВ требует меньше времени и меньших капитальных вложений, по сравнению с карьерами и шахтами. СПВ характеризуется безопасностью работ, высоким качеством получаемых продуктов и их низкой себестоимостью.

Скважинная гидродобыча (СГД) может использоваться для добычи рыхлых и хрупких окисленных, окисных и силикатных руд марганца. Опытными и опытно-промышленными работами на месторождениях железных руд, титана и циркония, энергетических углей, фосфоритов, строительных песков, залегающих на глубине 40–1000 м, доказана высокая рентабельность рудников СГД (Россия, Украина, Казахстан, Эстония, Югославия, США). Как и в случае рудников СПВ, для строительства рудников СГД требуется меньше времени и капитальных вложений.

Методы СГД и СПВ можно использовать также для доработки запасов руд за контурами карьеров и шахтных полей, что позволит уменьшить глубину карьеров и шахт и повысить экономическую эффективность предприятий. Способы СГД и СПВ можно применять последовательно на одном и том же месторождении для разработки силикатных и карбонатных руд марганца, чем достигается повышение полноты добычи руд и снижение себестоимости товарных продуктов.

В процессе разведки месторождения необходимо обосновать:

- выбор способа отработки запасов;

- применяемые системы отработки и методы добычи, оптимальную производительность рудника и средства механизации;
- величины потерь и разубоживания, необходимые условия для их минимизации;
- кондиционные параметры и расчетные величины, необходимые для подсчета запасов (граничный и контурный коэффициенты вскрыши, высота уступа карьера, глубина открытой и подземной отработки, минимальная мощность рудного тела и максимальная мощность пустых прослоев, включаемых в подсчет запасов).

48. 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.

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

50. 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.

51. 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.

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

53. 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**

54. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений марганца производится в соответствии с требованиями разделов 2, 4 и 5 Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной

приказом Министерства природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

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

- одинаковой степенью разведанности и изученности параметров, определяющих количество и качество руд;
- однородностью геологического строения или примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости мощности, внутреннего строения рудных тел, вещественного состава, основных показателей качества и технологических свойств руды;
- выдержанностью условий залегания рудных тел, определенной приуроченностью блока к единому структурному элементу (крылу, замковой части складки, тектоническому блоку, ограниченному разрывными нарушениями);
- общностью горнотехнических условий разработки.

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

56. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику месторождений марганцевых руд.

Запасы категории А при детальной разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными выработками без экстраполяции.

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

Запасы категории В при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. Контур запасов категории В должен быть проведен по разведочным выработкам, а основные горно-геологические характеристики рудных тел и качество руд в пределах этого контура – определены по достаточному объему представительных данных; промышленные (технологические) типы руд должны быть оконтурены.

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

К категории  $C_1$  относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть скважин, а полученная при этом информация подтверждена на разрабатываемых месторождениях данными эксплуатации, на новых месторождениях – результатами, полученными на участках детализации.

Контуры запасов категории  $C_1$  определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы категории  $C_2$ . К этой категории относятся предварительно оцененные запасы, подсчитываемые путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий на основе геофизических работ, геолого-структурных построений и единичных рудных пересечений, подтверждающих эту экстраполяцию: по самостоятельным рудным телам – исходя из совокупности рудных пересечений, установленных в обнажениях, горных выработках и скважинах с учетом данных геофизических, геохимических

исследований и геологических построений. При определении контуров подсчета запасов категории  $C_2$  следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные на месторождении закономерности изменения их размеров, формы, мощности и качества руд.

57. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерами, штольневými горизонтами, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

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

Соотношение различных промышленных типов и сортов, руд при невозможности их оконтуривания определяется статистически. Запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

58. 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.

59. 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 забалансовым по экологической или экономической причинам в соответствии с утвержденными кондициями.

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

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

По месторождению, на котором, по мнению недропользователя утвержденные уполномоченным экспертным органом запасы и (или) качество руд не подтвердились при разработке или необходимо введение поправочных коэффициентов в ранее утвержденные параметры или запасы, обязательным является выполнение специального подсчета запасов по данным доразведки и эксплуатационной разведки и оценка достоверности результатов, полученных при проведении этих работ.

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных уполномоченным экспертным органом подсчетных параметров (площадей подсчета, мощностей рудных тел, содержаний полезных

компонентов, объемных масс и т. д.), запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

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

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

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

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

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

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

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность определения 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.

62. 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.

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

64. 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 Министерства 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.

65. На оцененных месторождениях марганцевых 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). 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.

66. 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 осно-

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

- существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их качеств;
- объективном, существенном (более 20 %) и стабильном падении цены продукции при сохранении уровня себестоимости производства;
- изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;



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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

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

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