

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

### I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (бора) (далее – Методические рекомендации) разработаны в соответствии с Положением о Министерстве природных ресурсов Российской Федерации, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 22 июля 2004 г. № 370 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, № 31, ст.3260; 2004, № 32, ст. 3347, 2005, № 52 (Зч.), ст. 5759; 2006, № 52 (Зч.), ст. 5597), Положением о Федеральном агентстве по недропользованию, утвержденным постановлением Правительства Российской Федерации от 17 июня 2004 г. № 293 (Собрание законодательства Российской Федерации, 2004, N 26, ст. 2669; 2006, №25, ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 07.03.1997 № 40, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых в отношении бора.

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. Б о р довольно широко распространен в земной коре в виде боратов, боросиликатов и других соединений, а также изоморфной примеси в различных минералах, но промышленные концентрации его сравнительно редки. В настоящее время промышленный интерес имеют концентрации борных минералов, растворяющихся в воде, а также разлагающихся кислотами в природном состоянии или после их предварительной обработки. Это позволяет простыми технологическими методами получать из них борную кислоту и другие борные соединения.

4. Минералы бора, имеющие промышленное значение, принадлежат к классам боратов (включая карбонато-бораты) и боросиликатов. Химический состав наиболее распространенных минералов бора и содержание в них  $B_2O_3$  приведены в табл. 1.

Таблица 1

#### Химический состав основных минералов бора, имеющих промышленное значение

Минерал	Химическая формула	Содержание $B_2O_3$ , %
1	2	3
Бораты магния, кальция, натрия, калия		
Аксаит	$Mg[B_3O_4(OH)_2]_2 \cdot 3H_2O$	61,1
Ауанит	$Mg_2B_2O_5$	46,4
Котоит	$Mg_3(BO_3)_2$	36,0
Людвигит	$(Mg, Fe^{2+})_2Fe^{3+}[BO_3]O_2$	16,0
Ашарит	$Mg_2[B_2O_4(OH)](OH)$	41,4
Курчатовит	$CaMg[B_2O_5]$	40,7

1	2	3
Преображенскит	$Mg_3[B_5O_7(OH)_4]_2 \cdot H_2O$	60,9
Калиборит	$KMg[B_3O_3(OH)_5]_2[B_5O_6(OH)_4] \cdot 2H_2O$	57,0
Борацит	$Mg_3[B_7O_{13}]Cl$	62,1
Гидроборацит	$MgCa[B_3O_4(OH)_3]_2 \cdot 3H_2O$	49,5
Джинорит	$Ca_2[B_4O_5(OH)_4] [B_5O_6(OH)_4]_2 \cdot 2H_2O$	61,0
Иньоит	$Ca[B_3O_3(OH)_5] \cdot 4H_2O$	37,6
Пандермит	$Ca_2[B_5O_6(OH)_7]$	49,9
Колеманит	$Ca[B_3O_4(OH)_3] \cdot H_2O$	50,8
Хильгардит	$Ca_2[B_5O_8(OH)_2]Cl$	50,2
Улексит	$NaCa[B_5O_6(OH)_6] \cdot 5H_2O$	43,0
Бура	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 8H_2O$	36,6
Тинкалконит	$Na_2[B_4O_5(OH)_4] \cdot 3H_2O$	47,2
Кернит	$Na_2[B_4O_6(OH)_2] \cdot 3H_2O$	51,0
Карбонатоборат		
Сахаит	$Ca_{12}Mg_4(CO_3)_4(BO_3)_7Cl(OH)_2 \cdot H_2O$	18,8
Боросиликаты кальция		
Датолит	$CaB(OH)SiO_4$	21,8
Данбурит	$CaB_2Si_2O_8$	28,7

Большинство боратов легко растворяется в кислотах (трудно растворяется только ашарит), а многие и в воде, поэтому их химическая переработка осуществляется сравнительно легко.

Из боросиликатов в кислотах растворим только датолит (полностью при температуре 80 °С); при этом в растворе образуется студенистый кремнезем. Данбурит растворяется в кислотах только после его прокаливании при температуре около 1000 °С. При растворении прокаленного данбурита также выпадает осадок студенистого кремнезема.

5. Бор и его соединения применяются во многих (более 100) областях промышленности, сельского хозяйства, техники, науки, медицины. При этом используются главным образом такие свойства бора и его соединений, как высокая твердость, тугоплавкость или легкоплавкость различных его соединений, химическая стойкость, теплотворная способность, легирующие, дезинфицирующие и антисептические качества, огнестойкость и др.

Одна из основных областей применения соединений бора – стекольная промышленность (жаропрочное, высокотвердое стекло, стеклянное волокно и т. д.). В несколько меньших объемах они используются при производстве фарфоровых эмалей, керамики, моющих средств, удобрений, гербицидов. В последние годы соединения бора стали использоваться в электронике, космической и атомной технике, при производстве высоколегированных сталей, резиновых изделий, нитей накаливания, веществ, обладающих высокой твердостью – нитридов (боразон, эльбор) и карбида бора, которые применяются при изготовлении металлорежущего и абразивного инструмента, в самолетостроении. В небольших количествах соединения бора применяются в качестве заменителя плавикового шпата при производстве стали, при изготовлении антифризов, непромокаемых красок, особо прочной бумаги и для других назначений.

Помимо указанных направлений использования, бор применяется в реактивном топливе, для защиты окружающей среды от ядерного заражения, при производстве бронированных покрытий вертолетов и другой военной техники.

6. Выделяют следующие основные промышленные типы месторождений бора: известково-скарновые, магнезиально-скарновые, вулканогенно-глинистые, вулканогенно-соленосные, осадочные (морские) сульфатно-хлоридные и хлоридные, инфильтрационно-остаточные солевых куполов (табл. 2.). Из эндогенных месторождений практическое значение имеют скарновые месторождения.

Известково-скарновые месторождения бора (Дальнегорское и Золотой Курган в Рос-

сии, Аксархар в Таджикистане) связаны с известковыми скарнами и скарноидами преимущественно волластонит-пироксен-гранатового состава. Среди борных минералов преобладают боросиликаты (датолит и данбурит); в слабо скарнированных известняках преимущественно наблюдается рассеянная минерализация кальциевых боратов. В пределах крупных рудных тел распределение борной минерализации обычно сравнительно равномерное, в мелких телах оно изменчивое.

Магнезиально-скарновые месторождения приурочены к магнезиальным скарнам (пироксеновым, шпинель-форстеритовым, иногда преобразованным в клиногумит-флогопитовые) и кальцифирам. Борная минерализация представлена железом-магниевыми и магниевыми боратами: ашаритом, людвигитом, суанитом, в меньшей степени – котоитом. Распределение боратов обычно неравномерное (Таежное месторождение в России).

На апомагнезиальных известково-скарновых месторождениях борное оруденение локализовано в частично замещенных известковыми скарнами кальцифирах и магнезиальных скарнах. Выделяются следующие природные (минеральные) типы руд: людвигит-магнетитовые (с подчиненной ролью ашарита, суанита и котоита), курчатовит-людвигитовые, котоитовые, суанитовые, ашаритовые, сахаитовые. Распределение борных минералов неравномерное.

Рудные тела скарновых месторождений отличаются весьма разнообразной формой. На контактах интрузивных массивов с карбонатными породами локализуются тела линзовидной или четковидной формы, в зоне экзоконтакта – межпластовые залежи линзовидной или пластообразной формы, а также жилообразные, выполняющие трещины в карбонатных породах. При сопряжении различных структур возникают тела гнездовой, трубообразной, штокверкоподобной и неправильной формы.

Наиболее крупные, выдержанные по мощности тела встречаются среди контактовых и межпластовых залежей известково-скарновых месторождений. Их протяженность по простиранию нередко составляет несколько сотен или даже первые тысячи метров, мощность измеряется десятками метров, а иногда превышает 100 м.

На магнезиально-скарновых месторождениях мощность наиболее крупных тел составляет несколько десятков метров, а протяженность по простиранию обычно не превышает первых сотен метров.

Преобладающая часть рудных тел скарновых месторождений бора характеризуется мощностью в несколько метров.

Из экзогенных осадочных месторождений бора практическое значение в настоящее время имеют морские и континентальные галогенные месторождения Индер, Сатимола и Челкар в Казахстане.

Таблица 2

## Промышленные типы месторождений бора

Промышленный тип месторождений	Структурно-морфологический тип и комплекс вмещающих пород	Природный (минеральный) тип руд	Среднее содержание $B_2O_3$ в руде, %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7
<b>Скарновые</b>						
Известково-скарновый	Линзо- и пластообразный в скарнах известково-силикатных руд	Датолитовый, данбуритовый	8–12	Волластонит, поделочный камень	Химический борный силикатный (сортировочный, гравитационно-магнитно-флотационный)	Дальнегорское (Россия), Акархар (Таджикистан)
Магнезиально-скарновый в абиссальной фации	Линзо- и пластообразный в доломитах и магнетитах	Суанит-ашарит-людвигитовый в магнетитовых рудах	3–20	Магнетит, строительный и поделочный камень	Химический борный солевой (сортировочный, магнитно-флотационно-гидрометаллургический)	Таежное (Россия)
Магнезиально-скарновый в гипабиссальной фации	Линзо-, столбо- и жилкообразный гнездовый в доломитах	Котоитовый, суанитовый, курчатовит-людвигитовый, сахаитовый, ашаритовый	4–16	То же	Химический борный солевой (сортировочный, флотационно-гидрометаллургический)	Титовское, Наледное, Солонго
<b>Вулканогенно-осадочные</b>						
Вулканогенно-глинистый	Пласто- и линзообразный в озерных туфогенных глинах	Бура-тинкалконит-кернитовый, иноитколеманитовый	20–50	Бентониты, цеолиты, лигниты, S, As, Sr, Ge	Химический борный солевой (магнитно-электростатический)	Крамер (США), Эмет и др.
Вулканогенно-соленосный	Пласто- и линзообразный в континентальных эвапоритах	Бура-тинкалконитовый	10–40	Сода, тенардит, галит, S, Li, Sr, Sb, W, P	Химический борный солевой (магнитно-гравитационно-электростатический)	Серлс (США), Пуга (Индия)
<b>Осадочные</b>						
Осадочный морской сульфатно-хлоридный	Пластовый, гнездообразный в калийно-магниевых солях с прослоями ангидрита	Калиборитовый, преобразенскит-борацитовый, ашаритовый, гидроборацитовый	2–6	Галит, K, Mg, Br	Химический борный солевой (сортировочный, гравитационно-флотационно-гидрометаллургический)	Индер и Сатимолла (Казахстан)

1	2	3	4	5	6	7
Осадочный морской хлоридный	Пластовый, гнездообразный в калийно-магниевых солях с ангидритом	Борацитовый, полиборатовый, джинорит-хильгардит-борацитовый	3–5	То же	То же	Индер и Сатимола (Казахстан)
Элювиальный						
Инфильтрационно-остаточный солевых куполов (континентальные)	Линзо-, пласто- и гнездообразный в карбонатах, глинах, гипсах	Гидроборацитовый, улекситовый, ашаритовый	3–30	Гипс, сера	Химический борный солевой (промывочно-гидрометаллургический)	Индер и Сатимола (Казахстан)

Морские месторождения бора обычно размещены в структурах соляных куполов и синеклизах. Борное оруденение представлено главным образом боратами калия, кальция и магния (калиборитом, борацитом, преображенскитом, ашаритом). Бораты приурочены к участкам, сложенным калийными и калийно-магниевыми солями, которые перемежаются с глинистыми, карбонатными породами и ангидритом. Распределение оруденения в бороносных породах неравномерное или крайне неравномерное. Эти месторождения характеризуются крупными размерами: мощность залежей достигает 50 м, а длина по простиранию измеряется сотнями и первыми тысячами метров. Бороносные залежи имеют пластовую форму и крутое падение.

Континентальные месторождения бора возникли в результате выщелачивания куполов коренных борно-калийных солей и образования из них выше уровня соляного зеркала кепроков (или «гипсовых шляп»). Бороносные залежи почти всегда приурочены к крыльям соляных структур и огибают их замковые части. Борное оруденение этих месторождений представлено в основном боратами магния и кальция – ашаритом, гидроборацитом, колеманитом, иньбитом, в меньшей степени улеситом. Распределение борных минералов в рудах неравномерное. Залежи имеют пластообразную, линзовидную или неправильную форму, отличаются пологим, изредка крутым падением. На глубине они переходят в борно-калийные коренные (морские) соли. Протяженность элювиальных залежей боратов составляет 100–400 м, иногда достигает 2000 м; мощность меняется от 0,5 до 20 м, в редких случаях возрастая до 50 м.

Из других типов экзогенных месторождений бора промышленное значение имеют вулканогенно-осадочные месторождения, разрабатываемые за рубежом. На них базируется борная промышленность США, Турции, Чили, Аргентины, Индии, КНР и др. Эти месторождения приурочены к озерным отложениям и разделяются на вулканогенно-соленосные и вулканогенно-глинистые.

Бороносные залежи вулканогенно-осадочных месторождений имеют горизонтальное или пологопадающее залегание и пластовую, линзовидную или желваковую форму.

Вулканогенно-соленосные месторождения характеризуются в большинстве случаев сравнительно невысокими содержаниями  $B_2O_3$  (0,5–2,5 %), но обладают крупными запасами. Большая часть вулканогенно-глинистых месторождений представлена преимущественно боратами кальция и натрия, бурой, тинкалконитом, кернитом, улеситом, колеманитом. Эти месторождения встречаются чаще предыдущих и также обладают крупными запасами борного сырья. Содержание  $B_2O_3$  очень высокое (25–30 %, иногда 40 %).

В России и странах СНГ месторождения двух последних типов неизвестны.

7. Для получения борных продуктов, кроме борных руд, могут использоваться минеральные воды с повышенным содержанием бора, воды нефтяных и газовых месторождений, рапа некоторых соляных озер и подземные рассолы. В перспективе не исключена возможность промышленного использования турмалина, который при обогащении многих комплексных руд накапливается в отходах и может быть извлечен в самостоятельный концентрат. Поэтому, несмотря на невысокое содержание в нем  $B_2O_3$  (8–12 %) и сложность технологической схемы переработки, при определенных условиях его использование может быть целесообразно.

## **II. Группировка месторождений по сложности геологического строения**

8. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и особенностям распределения полезного ископаемого месторождения борных руд относятся к 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 месторождения, представленные крупными залежами простого строения с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, пластообразными с выдержанными мощностью и качеством полезного ископаемого и линзообразными с невыдержанной мощностью, но с относительно устойчивым качеством полезного ископаемого (галогенное морское месторождение Индер в Казахстане, скарновое месторождение боросиликатных руд Дальнегорское в России).

Ко 2-й группе относятся месторождения, представленные крупными и средними пласто- и линзообразными залежами сложного строения с изменчивой мощностью и невыдержанным качеством полезного ископаемого или с нарушенным залеганием (боросиликатное месторождение Акархар в Таджикистане, магнизиально-скарновое месторождение Таежное в России, галогенные морские и континентальные месторождения Сатимола и Челкар в Казахстане).

К 3-й группе относятся месторождения, представленные средними и мелкими линзо-, гнездо-, столбо-, жилообразными и неправильной формы залежами очень сложного строения с резко изменчивой мощностью и невыдержанным качеством полезного ископаемого или с интенсивно нарушенным залеганием (средние и мелкие скарновые месторождения боросиликатных руд, галогенные морские и континентальные месторождения боратовых руд).

9. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе устанавливается исходя из степени сложности геологического строения основных залежей, включающих в себе преобладающую часть (не менее 70 %) балансовых запасов месторождения.

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

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

11. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на месторождениях бора составляются в масштабе 1:1000–1:5000. Все разведочные и эксплуатационные выработки, 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 1:1000. 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 1:2000–10 000 (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 борной минерализации, особенностях взаимоотношения рудных тел с литолого-петрографическими комплексами вмещающих пород, складчатыми структурами и тектоническими нарушениями в степени, необходимой и достаточной для увязки рудных тел и 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 бора и вредных примесей. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1^*$ .

13. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел или минерализованных зон должны быть изучены горными выработками (канавы, шурфы, расчистки) и неглубокими скважинами с применением геофизических и геохимических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить глубину покровных отложений, гипсометрию кровли залежей, границы зон физического и химического выветривания, элементы залегания рудных тел, распределение в них основных и попутных компонентов, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств руд и провести подсчет запасов выветренных и смешанных руд отдельно по промышленным (технологическим) типам.

14. Разведка месторождений бора на глубину проводится скважинами в сочетании с горными выработками и геофизическими методами исследований – наземных, в скважинах и горных выработках.

---

\* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карты и карта полезных ископаемых в масштабе 1:50 000–1:100 000 (иногда 1:25 000) с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур и рудовмещающих комплексов пород, месторождений бора и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы боросодержащих руд.

Результаты проведенных в районе геофизических исследований следует использовать при составлении геологических карт и разрезов к ним и отражать на сводных планах интерпретации геофизических аномалий в масштабе представляемых карт.

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

При выборе оптимального варианта разведки следует учитывать степень изменчивости содержаний бора, характер пространственного распределения боросодержащих минералов, текстурно-структурные особенности руд, а также возможное избирательное истирание керна при бурении и выкрашивание боросодержащих минералов при опробовании в горных выработках. Следует учитывать также сравнительные технико-экономические показатели и сроки выполнения работ по различным вариантам разведки.

15. Скважины бурятся на полную мощность рудных залежей или до предполагаемого горизонта разработки месторождения. В последнем случае должны быть пробурены единичные структурные скважины с целью установления распространения оруденения до глубины возможной отработки в будущем и выявления перспектив месторождения.

При разведке месторождений боратов, растворимых в воде, в качестве промывочной жидкости должен применяться раствор, насыщенный соответствующими солями.

По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннее строение рудных тел, характер окolorудных изменений, распределение природных разновидностей руд, их текстуры и структуры и обеспечить представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна для этих целей должен быть не менее 80 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

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

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

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

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

16. Горные выработки являются основным средством детального изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения рудных тел, их сплошности, вещественного состава руд, а также контроля данных бурения, геофизических исследований и отбора технологических проб.

Горные выработки на месторождениях 1-й и 2-й групп проходятся в основном для изучения приповерхностных частей месторождения. На месторождениях 3-й группы горные выработки проходятся для прослеживания сплошности и характера пространственной изменчивости бороносности. Прослеживание маломощных залежей следует производить штреками или восстающими с систематическим позабойным опробованием, интервал которого должен быть подтвержден либо экспериментальными работами, либо опытом разработки данного или аналогичного месторождения. Мощные залежи изучаются сетью ортов или подземных скважин, расстояния между которыми определяются исходя из сложности строения залежей.

Одно из важнейших назначений горных выработок – установление степени избирательного истирания керна при бурении скважин с целью выяснения возможности использования данных скважинного опробования и результатов геофизических исследований для геологических построений и подсчета запасов. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке. Они должны проходиться непосредственно по залежам борных руд; лишь в исключительных случаях (неустойчивость, интенсивная нарушенность, обводненность руд и другие условия, осложняющие проведение горных работ) может быть допущена их проходка вне контуров рудных залежей при условии подтверждения сплошности рудных тел специально пройденными выработками.

17. 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 данные о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений бора в странах СНГ, могут быть использованы при проектировании геологоразведочных работ, но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и анализа всех имеющихся материалов геологоразведочных и эксплуатационных работ на этом или аналогичном ему месторождении об условиях залегания, морфологии, размерах рудных залежей, их внутреннем строении, предполагаемой степени изменчивости качества руд, а также возможностей геофизических методов следует обосновать рациональную геометрию и плотность сети разведочных выработок.

18. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки и горизонты месторождения должны быть разведаны более детально. Эти участки следует изучать и

опробовать по более плотной разведочной сети по сравнению с принятой на остальной части месторождения. Запасы на таких участках и горизонтах месторождений 1-й группы должны быть разведаны преимущественно по категориям А и В, 2-й группы – по категории В. На месторождениях 3-й группы сеть разведочных выработок на участках детализации целесообразно сгущать, как правило, не менее чем в 2 раза по сравнению с принятой для категории С<sub>1</sub>.

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

Таблица 3

**Систематизированные данные о плотности сетей разведочных выработок, применявшихся при разведке месторождений бора в странах СНГ**

Группа месторождений	Характеристика месторождений	Расстояние между выработками (в м) для категорий запасов		
		А	В	С <sub>1</sub>
1-я	Крупные пластообразные залежи простого строения с выдержанными мощностью и качеством полезного ископаемого, с ненарушенным или слабонарушенным залеганием	50–100	100–200	200–400
	Крупные линзообразные залежи простого строения с невыдержанной мощностью, но с относительно устойчивым качеством полезного ископаемого, с ненарушенным или слабона-	25–50	50–100	100–200
2-я	Крупные и средние пласто- и линзообразные залежи сложного строения с изменчивой мощностью, невыдержанным качеством полезного ископаемого или с нарушенным залеганием	–	25–50	50–100
3-я	Средние и мелкие линзо-, гнездо-, столбо-, жилообразные и неправильной формы залежи очень сложного строения с резко изменчивой мощностью, невыдержанным качеством полезного ископаемого или с интенсивно нару-	–	–	25–50
Примечание. На <b>оцененных месторождениях</b> разведочная сеть для категории С <sub>2</sub> по сравнению с сетью для категории С <sub>1</sub> разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.				

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 такие участки не характерны для всего месторождения по особенностям геологического строения, качеству руд и горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию. Число и размеры участков детализации на разведанных месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

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

19. 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 компетентными комиссиями. Следует также оценивать качество геологического и геофизического опробования (выдержанность сечения и массы проб, соответствие их положения особенностям геологического строения участка, полноту и непрерывность отбора проб, наличие и результаты контрольного опробования). Необходимо обратить особое внимание на характер изменения борных руд на контактах с вмещающими породами, наличие даек, реликтов незамещенных пород, зон дробления.

20. 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.

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

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

Принятые метод и способ опробования должны обеспечивать наибольшую достоверность результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования они должны быть сопоставлены по точности результатов и достоверности. При выборе геологических способов опробования (керновый, бороздовый, задирковый и др.), определении качества отбора и обработки проб, оценке достоверности методов опробования следует руководствоваться соответствующими нормативно-методическими документами.

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

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

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

опробование следует проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или

---

\* 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.

некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с кондициями в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных выработках, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В канавах, шурфах, траншеях кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

природные разновидности руд и минерализованных пород должны быть опробованы отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса. Она не должна превышать установленную кондициями минимальную мощность для выделения типов или сортов руд, а также максимальную мощность внутренних пустых и некондиционных прослоев, включаемых в контур руд.

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При этом интервалы с разным выходом керна (шлама) опробуются отдельно; при наличии избирательного истирания керна опробованию подвергается как kern, так и измельченные продукты бурения (шлам, пыль и др.); мелкие продукты отбираются в самостоятельную пробу с того же интервала, что и керновая проба, обрабатываются и анализируются отдельно. При опробовании скважин в пробу отбирается половина керна. При диаметре скважин менее 75 мм и неравномерном распределении борного оруденения в пробу целесообразно отбирать весь kern при обязательном оставлении образца с каждого метра углубки. При разведке галогенных месторождений в пробу отбирается материал, полученный при высверливании керна вдоль его оси.

В кварцитах, ортах и рассечках, пересекающих рудные тела, опробование должно проводиться по одной из стенок. В шурфах, стволах шахт и в восстающих, прослеживающих рудные тела по их падению, опробование производится по стенке, ориентированной вкрест простирания рудного тела. В штреках опробуются забои; интервалы между опробуемыми забоями должны быть установлены по данным экспериментальных исследований или отработки. Канавы опробуются по дну.

Опробование горных выработок и естественных обнажений производится бороздой сечением от 3×5 до 5×10 см или задиркой. Длина секции зависит от мощности и особенностей внутреннего строения тел и обычно составляет 1–2 м. Принятые параметры проб должны быть обоснованы экспериментальными работами. Должны быть проведены работы по изучению возможного избирательного выкрашивания минералов бора при принятом для горных выработок способе опробования.

Результаты геологического и геофизического опробования скважин и горных выработок следует использовать в качестве основы для оценки неравномерности оруденения в естественном залегании и прогнозирования показателей радиометрического обогащения, руководствуясь соответствующими методическими документами.

При этом для прогнозирования результатов крупнопорционной сортировки целесообразно принять постоянным шаг опробования при длине каждой секции (рядовой пробы), кратной 1 м. Показатели радиометрической сепарации прогнозируются по результатам дифференциальной интерпретации геофизических данных при линейных размерах пробы, соответствующих куску максимальной крупности 100–200 мм.

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

ности руды).

Точность бороздового опробования следует контролировать сопряженными бороздами того же сечения, кернового опробования – отбором проб из вторых половинок керна. При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируются стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна, для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

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

Достоверность принятых методов и способов опробования скважин и горных выработок контролируется более представительным способом, как правило валовым, руководствуясь соответствующими методическими документами. Для этой цели также необходимо использовать данные технологических проб, валовых проб для определения объемной массы в целиках и результаты отработки месторождения.

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

Особое внимание должно уделяться контролю опробования по отдельным секциям и сечениям на участках, где отмечается несоответствие между геологической документацией и результатами опробования.

24. Обработка и сокращение проб должны производиться по схемам, разработанным для каждого конкретного месторождения. Основные и контрольные пробы обрабатываются по одной схеме.

Правильность принятой схемы обработки проб и величина коэффициента  $K$  должны быть подтверждены проверенными данными по аналогичным месторождениям или экспериментальными работами.

Величина коэффициента  $K$  для боратовых руд обычно принимается равной 0,1, для боросиликатных – 0,2, для комплексных калийно-боратовых руд – 0,3.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

25. Химический состав борных руд должен быть изучен с полнотой, обеспечивающей возможность оценки промышленного значения всех разновидностей сырья. Содержания полезных компонентов определяются анализами проб химическими, спектральными, физическими, геофизическими или другими методами, установленными государственными стандартами или утвержденными Научным советом по аналитическим методам (НСАМ) и Научным советом по методам минералогических исследований (НСОММИ).

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

При содержании  $B_2O_3$  менее 0,1 % целесообразно проводить количественный спектральный анализ, при содержании до 15 % – нейтронный анализ (с систематическим контролем химическим методом), дорогостоящий и трудоемкий химический анализ следует применять лишь для проб, содержащих свыше 15 %  $B_2O_3$ .

Содержание  $B_2O_3$  определяется во всех рядовых пробах. Другие полезные компоненты и вредные примеси анализируются по групповым (объединенным) пробам, которые должны равномерно характеризовать руду на всей площади ее распространения. Порядок объединения рядовых проб в групповые, их размещение и общее количество должны обес-

печивать равномерное опробование основных разновидностей руд на попутные компоненты и вредные примеси и выяснение закономерностей изменения их содержаний по простиранию и падению рудных тел. На месторождениях всех борных руд в групповых пробах определяются содержания  $MgO$  и  $CaO$ . Кроме того, в боросиликатных рудах устанавливаются содержания  $SiO_2$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Al_2O_3$ ,  $MnO$ ,  $CO_2$ ; в скарновых боратовых рудах –  $SO_3$ ,  $FeO$ ,  $Fe_2O_3$  и нерастворимого в  $HCl$  осадка; в галогенных боратовых рудах –  $SO_3$ ,  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $Cl$ ,  $H_2O$  и нерастворимого в  $HCl$  осадка. Прочие компоненты определяются химическим методом лишь в том случае, если спектральными анализами установлено их присутствие в концентрациях, имеющих значение для оценки качества руд.

26. Качество анализов проб необходимо систематически проверять, а результаты контроля своевременно обрабатывать в соответствии с методическими указаниями НСАМ и НСОММИ и ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС\* (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.). 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

27. Для определения величин случайных погрешностей необходимо проводить внутренний контроль путем анализа зашифрованных контрольных проб, отобранных из дубликатов аналитических проб, в той же лаборатории, которая выполняет основные анализы, не позднее следующего квартала

Для выявления и оценки возможных систематических погрешностей должен осуществляться внешний контроль в лаборатории, имеющей статус контрольной. На внешний контроль направляются дубликаты аналитических проб, хранящиеся в основной лаборатории и прошедшие внутренний контроль. При наличии стандартных образцов состава (СОС), аналогичных исследуемым пробам, внешний контроль следует осуществлять, включая их в зашифрованном виде в партию проб, которые сдаются на анализ в основную лабораторию.

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

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

При выделении классов следует учитывать параметры кондиций для подсчета запасов. В случае большого числа анализируемых проб (2000 и более в год) на контрольные анализы направляется 5 % от их общего количества, при меньшем числе проб по каждому выделенному классу содержаний должно быть выполнено не менее 30 контрольных анализов за контролируемый период.

29. Обработка данных внешнего и внутреннего контроля по каждому классу содержаний производится по периодам (квартал, полугодие, год), отдельно по каждому методу анализа и лаборатории, выполняющей основные анализы. Оценка систематических расхождений по результатам анализа СОС выполняется в соответствии с методическими указаниями НСАМ по статистической обработке аналитических данных и ОСТ 41-08-272–04 «Управление качеством аналитических работ. Методы геологического контроля качества аналитических работ», утвержденным ВИМС (протокол № 88 от 16 ноября 2004 г.).

---

\* Федеральный научно-методический центр лабораторных исследований и сертификации минерального сырья «ВИМС» МПР России (ФНМЦ ВИМС)

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

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

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

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

32. Минеральный состав руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералого-петрографических, физических, химических и других видов анализа по методикам, утвержденным научными советами по минералогическим и аналитическим методам исследования (НСОММИ, НСАМ). При исследованиях минерального состава руд необходимо отмечать величину зерен, структуру и текстуру руд, форму срастания важнейших минералов, характер минеральных агрегатов, а также наличие в рудах пустот выщелачивания, свидетельствующих о развитии процессов выветривания. Наряду с описанием отдельных минералов, следует производить оценку количественного соотношения борных и сопутствующих минералов и их распространенности. Особое внимание должно уделяться изучению реликтов легкоразрушаемых боратов и карбонатоборатов, а также метасоматическому замещению борных минералов иными минералами.

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

Таблица 4

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

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержания компонентов в руде*, %	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
1	2	3	4	5	6
$B_2O_3$	3–10	7	$Na_2O$	>25	4,5

1	2	3	4	5	6
	1–3	10		5–25	6,0
	0,1–1,0	22		0,5–5	15
	<0,1	30		<0,5	30
SiO <sub>2</sub>	>50	1,3	K <sub>2</sub> O	>5	6,5
	20 – 50	2,5		1–5	11
	5 – 20	5,5		0,5–1	15
	1,5 – 5	11		<0,5	30
MgO	20–40	3	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20–30	2,5
	10–20	4,5		10–20	3,0
	1–10	9		5–10	6,0
	0,5–1	16		1–5	12
CaO	40 – 60	2,0	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15–25	4,5
	20 – 40	2,5		10–15	5,0
	7 – 20	6,0		5–10	6,5
	1 – 7	11		1–5	12
	0,5 – 1	15			
	0,2 – 0,5	20			
	<0,2	30			

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

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

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках. Определение объемной массы может производиться также методом поглощения рассеянного гамма-излучения при наличии необходимого объема заверочных работ. Одновременно с объемной массой на том же материале изучается влажность руд.

Материал, по которому изучаются объемная масса и влажность, следует охарактеризовать минералогически и проанализировать на основные компоненты.

Достоверность определения объемной массы по образцам должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами. На месторождениях, разведанных одними скважинами, допустимо определение объемной массы только лабораторным путем. Измерение объема образцов, сложенных галогенными боратовыми рудами, минералы которых хорошо растворяются в воде, следует производить в керосине.

34. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие отдельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования. Окончательное выделение промышленных (технологических) типов и сортов руд производится по результатам технологического изучения выявленных на месторождении природных разновидностей.

#### IV. Изучение технологических свойств руд

35. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабо-

раторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. При имеющемся опыте промышленной переработки для легкообогатимых руд допускается использование аналогии, подтвержденной результатами лабораторных исследований. Для труднообогатимых или новых типов руд, опыт переработки которых отсутствует, технологические исследования руд и, в случае необходимости, продуктов их обогащения должны проводиться по специальным программам, согласованным с заинтересованными организациями.

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

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

При положительных результатах исследований по предобогащению следует уточнить промышленные (технологические) типы руд, требующие селективной добычи, или подтвердить возможность валовой выемки рудной массы. Дальнейшие исследования способов глубокого обогащения руд проводятся с учетом возможностей и экономической эффективности включения в общую технологическую схему обогащения руд стадии предобогащения.

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

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

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения и качества получаемой продукции. При этом важно определить оптимальную степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие ценных минералов при минимальном ошламовании и сбросе их в хвосты.

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

Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, со-

вместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

Укрупненно-лабораторные и полупромышленные пробы должны быть представительными, т.е. отвечать по химическому и минеральному составу, структурно-текстурным особенностям, физическим и другим свойствам среднему составу борных руд данного промышленного (технологического) типа. Прослой некондиционных руд, а также безрудные прослой и жилы, материал карстовых заполнений и различные включения, которые не могут быть селективно вынуты при разработке, должны входить в состав технологических проб.

При отборе проб необходимо учитывать изменчивость качества борных руд по простиранию и на глубину, с тем чтобы обеспечить полноту характеристики свойств кондиционного сырья на всей площади его распространения с учетом изменчивости. Для оценки технологических свойств руд глубоких горизонтов месторождений, труднодоступных для отбора представительных по массе лабораторных и особенно полупромышленных проб, следует использовать выявленные закономерности в изменении качества борных руд верхних изученных горизонтов и привлекать данные геолого-технологического картирования.

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

39. В результате исследований технологические свойства руд должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования технологической схемы их обогащения и переработки с комплексным извлечением содержащихся в них компонентов, имеющих промышленное значение.

Промышленные (технологические) типы и сорта руд должны быть охарактеризованы по соответствующим предусмотренным кондициями показателям; должны быть определены основные технологические параметры обогащения и химической переработки (выход концентратов, их характеристика, извлечение ценных компонентов в отдельных операциях, сквозное извлечение и др.).

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

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

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

40. Технологические схемы переработки борных руд в общем виде включают: предварительное (нейтронно-абсорбционное, тяжелосреднее) обогащение добытой руды на стадии крупного дробления; глубокое (магнитное, флотационное) обогащение измельчен-

ной исходной руды или продукта крупнокускового обогащения; гидрометаллургическую переработку руды или выделенных концентратов. Выбор технологии определяется минеральным типом сырья.

Основная масса руды обогащается методом флотации, богатые руды (обычно боратовые) могут направляться на химическую переработку без обогащения (исключением являются магниевые бораты (ашарит и др.), так как при сернокислотном способе их переработки образуется осадок бората магния, практически нерастворимый в маточном растворе).

При наличии в рудах кальцита, гипса, ангидрита, глинистого вещества и солей, способствующих повышению шламообразования и адсорбции шламами реагентов, а также в случае тонкого срастания минералов обогащение руд осложняется. В связи с этим флотации иногда предшествует оттирка, промывка руд, нейтронно-абсорбционная сепарация и обогащение в тяжелых суспензиях. Глинистые руды подвергаются избирательной дезинтеграции пульпы при гидротранспортировке руды с последующим отделением глинистой фракции. Предварительное обогащение бедных борно-калийных руд основывается на различной растворимости в воде борных и других минералов.

Боросиликатные и боратовые руды, содержащие магнитные (магнетит) и слабомагнитные (гранат, пироксен) минералы, обогащаются по магнитно-флотационной схеме, включающей процесс магнитной сепарации.

Флотация боросиликатных руд проводится по схеме прямого селективного выделения борных минералов в содовой среде собирателями типа карбоновых кислот в присутствии полимерных модификаторов (жидкого стекла, полифосфорных кислот). При флотации боратов в качестве реагентов-собирателей используются олеиновая кислота и окисленное соляровое масло.

Датолитовые руды перерабатываются сернокислотным способом. В процессе разложения пульпа в течение часа выдерживается в камерах при температуре 110–120 °С, что обеспечивает практически полное разложение сырья и коагуляцию кремнекислоты. При последующем выщелачивании камерного продукта образовавшаяся борная кислота переходит в раствор, а скоагулированная кремнекислота остается в осадке и практически не мешает фильтрации раствора, используемого для получения борной кислоты.

Данбуритовое сырье может перерабатываться по той же технологической схеме, что и датолитовое, после предварительного прокаливания при температуре около 1000 °С и разложения полученного спека серной кислотой.

При обогащении суанит-ашарит-людвигит-магнетитовых руд используется комплекс методов: нейтронно-абсорбционная, радиорезонансная, магнитная сепарация, а также флотация. Выделяются товарный магнетитовый концентрат и боратовый продукт, направляемый на химическую переработку сернокислотным способом при нагревании до температуры 80–90 °С.

Боратовые руды осадочных месторождений подвергаются, как правило, непосредственно сернокислотной обработке. Образующаяся при этом борная кислота извлекается водой. Из раствора после его нейтрализации, упаривания и последующего охлаждения высаживают техническую борную кислоту. При данном способе переработки боратов вредной примесью является магний, образующий в маточном растворе практически нерастворимый осадок бората магния. Вследствие этого указанный способ не рекомендуется к применению для чисто магниевых боратов (ашарит, котоит). В настоящее время для боратовых руд осадочных месторождений разработаны комбинированные схемы, включающие наряду с основным процессом сернокислотной обработки также методы механического: нейтронно-абсорбционную и тяжелосреднюю сепарацию, флотацию.

Переработка руд инфильтрационно-остаточных месторождений производится отмывкой растворимых нерудных минералов с концентрацией боратов в нерастворимом остатке.

Бура-тинкалкконит-кернитовые руды обогащаются сухими методами с использованием процессов воздушной классификации, магнитной и электрической сепарации.

Перспективные методы переработки борных руд:

лазеролюминесцентная и рентгенолюминесцентная сепарация классов –200+10 мм соответственно для датолитовых и данбуритовых руд взамен нейтронно-абсорбционной сепарации и тяжелосреднего обогащения в барабанных сепараторах с получением кондиционных концентратов, отвальных хвостов и промпродукта, направляемого на последующее магнитно-флотационное обогащение;

рентгенолюминесцентная сепарация боросиликатных руд с целью кондиционирования их по содержанию железа.

Качество борных руд и концентратов должно в каждом конкретном случае регламентироваться договором между поставщиком (рудником) и перерабатывающим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям. Для сведения в табл. 5 в качестве ориентировочных приведены основные стандарты и технические условия на борные руды и получаемые из них продукты, которые использовались в странах СНГ.

Таблица 5

**Перечень основных стандартов и технических условий на борные руды и получаемые из них продукты**

ГОСТ 8429–77	Бура. Технические условия
СТП ИЗ-12-3-40–86	Датолитовая руда
СТП 113-12-3-450–86	Концентрат датолитовый для производства борной кислоты
ГОСТ 16108–80	Концентрат датолитовый. Технические условия
ГОСТ 18704–78	Кислота борная. Технические условия
ОСТ 6-02-4–78	Бор трехфтористый. Технические условия
ОСТ 6-08-9–79 Е	Кальция борат
ОСТ 84-1515–78	Бора нитрид вюртцитоподобный. Технические условия
ТУ 2-036-734–77	Материал шлифовальный. Карбид бора фракции минус 63 мкм
ТУ 6-02-923–74	Бор аморфный
ТУ 6-02-959–74	Бор треххлористый технический
ТУ 6-02-669–77	Нитрид бора пиролитический
ТУ 6-08-374–77	Бор аморфный технический
ТУ 6-08-400–78	Ангидрид борный порошкообразный
ТУ 6-08-403–78	Борогипс гранулированный
ТУ 6-08-430–79	Боромагниевое удобрение
ТУ 6-12-55–78	Руда боратовая
ТУ 6-12-94–78	Ангидрид борный молотый технический
ТУ 6-12-99–77	Бура безводная плавленая техническая
ТУ 6-12-114–78 Е	Ангидрид борный гранулированный технический

Государственные и отраслевые стандарты на борное сырье отсутствуют. Имеются технические условия (ТУ 6-12-55–78), регламентирующие качество боратовых руд лишь одного из галогенных месторождений, где регламентируется содержание В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> в руде (не менее 13 %), и ГОСТ 16108–80, регламентирующий требования к качеству датолитового концентрата (продукт обогащения боросиликатных руд скарных месторождений), используемого для производства борной кислоты (содержание В<sub>2</sub>О<sub>3</sub> не менее 17,1 %, СаСО<sub>3</sub> – не более 12 % и кислоторастворимого железа в пересчете на Fe<sub>2</sub>О<sub>3</sub> – не более 2,5 %).

Номенклатура товарной продукции, получаемой из борного сырья, весьма широка.

Так, например, из датолитовых руд Дальнегорского месторождения (Россия) производятся и поставляются потребителям датолитовый концентрат, борная кислота, борат калия, молотый и гранулированный борный ангидрид, бура техническая, фритты эмалевые, боракс. Из хвостов флотационного и магнитного обогащения производят силикатный кирпич, строительный песок, из отходов тяжелосреднего обогащения – щебень, из отходов химического производства – цемент, строительный гипс, вяжущие, чистящие и полирующие пасты, из отходов флотационного обогащения – белый кварцевый песок (для производства эмалей), а также кальцитовый продукт (для использования в качестве извещкового удобрения).

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

41. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наиболее обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод. По каждому водоносному горизонту следует установить его мощность, литологический состав, типы коллекторов, условия питания, взаимосвязь с другими водоносными горизонтами и поверхностными водами, положение уровней подземных вод и другие параметры, необходимые для расчета возможных водопритокков в эксплуатационные горные выработки, проходка которых предусмотрена в технико-экономическом обосновании кондиций. Также необходимо:

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

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

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

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

Утилизация дренажных вод предполагает подсчет их 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, водоотводу, утилизации дренажных вод, источникам водоснабжения, природоохранным мерам.

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

Инженерно-геологические исследования на месторождении проводятся 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 борных руд, вмещающих пород и перекрывающих отложений, определяющие характеристики их прочности в естественном и водонасыщенном состоянии; литологический и минеральный состав пород, их трещиноватость, слоистость и сланцеватость, развитие карста, а также возможность возникновения селей, лавин и других физико-геологических явлений, которые могут осложнить разработку месторождения.

В районах развития многолетнемерзлых пород необходимо определить температурный режим пород, положение верхней и нижней границ мерзлотной зоны, контуры и глубины распространения таликов, изменение 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 кровле подземных горных выработок, бортах карьера и для расчета основных параметров карьера.

При наличии в районе разрабатываемых месторождений, расположенных в аналогичных гидрогеологических и инженерно-геологических условиях, для характеристики разведываемой площади должны быть использованы данные о степени их обводненности и инженерно-геологических условиях проходки горных выработок, а также о применяемых мероприятиях по их осушению.

43. Месторождения борных руд в России и странах СНГ разрабатываются открытым способом. На месторождении Индер применяется технология добычи элювиальных руд без осушения и водоотлива: взрывные скважины бурятся с сухого уступа или понтона, выемка горной массы производится шагающими экскаваторами.

44. Для месторождений, где установлена природная газоносность отложений (метан, сероводород и др.), должны быть изучены закономерности изменения содержания и состава газов по площади и с глубиной.

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

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

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

Бор как химический элемент относится к высокотоксичным. Избыток бора отрицательно сказывается на живых организмах. Основным источником загрязнения бором окружающей среды при добыче и переработке являются твердые отходы обогащения руд в тяжелых суспензиях и флотации, а также при химической переработке руд и концентратов с получением борной кислоты и боратов кальция. Наибольшую опасность представляет возможное загрязнение водной среды боросодержащими сточными водами. Загрязнение воздушной среды происходит в процессе сушки борных руд и товарных продуктов.

Экологическими исследованиями должны быть: установлены фоновые параметры состояния окружающей среды (уровень естественной радиации, качество поверхностных и подземных вод и воздуха, характеристика почвенного покрова, растительного и животного мира и т.д.); определены предполагаемые виды химического и физического воздействия намечаемого к строительству объекта на окружающую природную среду (запыление при-

легающих 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.

48. Гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, горно-геологические и другие природные условия должны быть изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения. При особо сложных гидрогеологических, инженерно-геологических и других природных условиях разработки, требующих постановки специальных работ, объемы, сроки и порядок проведения исследований согласовываются с недропользователями и проектными организациями.

49. Другие полезные ископаемые, образующие во вмещающих и перекрывающих породах самостоятельные залежи, должны быть изучены в степени, позволяющей определить их промышленную ценность и область возможного использования в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке.

## **VI. Подсчет запасов**

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

51. 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, 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.

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

Запасы категории А при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й группы на участках детализации в блоках, оконтуренных со всех сторон разведочными вы-

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

Запасы категории В при разведке подсчитываются только на месторождениях 1-й и 2-й групп. К ним относятся запасы, выделенные на участках детализации или в пределах других частей рудных тел, степень разведанности которых соответствует требованиям Классификации к этой категории.

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

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

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

Контур запасов категории С<sub>1</sub>, как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд. Ширина экстраполяции не должна превышать по простиранию расстояний между выработками, принятых для категории С<sub>1</sub>, а по падению – высоты эксплуатационного горизонта.

Запасы категории С<sub>2</sub> подсчитываются по конкретным рудным телам путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений и установленных закономерностей изменения мощностей рудных тел и содержаний бора.

53. Ширину зоны экстраполяции для категорий запасов С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> в каждом конкретном случае необходимо обосновать фактическими данными. Не допускается экстраполяция в сторону разрывных нарушений, выклинивания и расщепления пластов, ухудшения качества борных руд и горно-геологических условий их разработки.

54. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерами, штольневые горизонты, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд и их экономическому значению (балансовые, забалансовые). На галогенных месторождениях запасы боратов, находящиеся выше и ниже уровня подземных вод, подсчитываются отдельно. 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. Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются без учета влажности (сухая руда) с указанием влажности сырой руды. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

55. 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.

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

57. 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 количеству запасов, условиям залегания, морфологии, мощности, внутреннему строению рудных тел, содержанию полезных компонентов в соответствии с «Методическими рекомендациями по сопоставлению данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых», утвержденными МПР России в установленном порядке.

В материалах сопоставления должны быть приведены контуры ранее утвержденных органами госэкспертизы и погашенных запасов (в том числе добытых и оставшихся в целиках), списанных как неподтвердившихся, контуры площадей приращиваемых запасов, а также сведения о запасах, числящихся на государственном балансе (в том числе – об остатке запасов, ранее утвержденных уполномоченным экспертным органом); представлены таблицы движения запасов (по категориям, рудным телам и месторождению в целом) и баланс руды с характеристикой ее качества в контуре погашенных запасов, отражающий изменение утвержденных уполномоченным экспертным органом запасов при доразведке, потери при добыче и транспортировке, выход товарной продукции и потери при переработке руд. Результаты сопоставления сопровождаются графикой, иллюстрирующей изменение представлений о горно-геологических условиях месторождения.

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой, а 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 эксплуатационной разведке или разработке 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.

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

Эффективность применения крайгинга в значительной степени обусловлена количе-

ством 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 двухмерного 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, составным пробам, длина которых согласуется с уступом карьера, и интервалам опробования – в случаях, когда исключается возможность для изучения вертикальной изменчивости оруденения по составным пробам.

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

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

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

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

59. При компьютерном подсчете запасов должна быть обеспечена возможность просмотра, проверки и корректировки исходных данных (координаты разведочных выработок, данные инклинометрии, отметки литолого-стратиграфических границ или 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.

60. 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.

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

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

62. На оцененных месторождениях борных руд должна быть определена их промышленная ценность и целесообразность проведения работ разведочной стадии, 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 всех открытых новых месторождений. В отчете должна содержаться информация, достаточная 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 определяются 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.

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 работ 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 (изменчивость морфологии и внутреннего строения) рудных тел, гор-

но-геологических и инженерно-геологических условий отработки, технологии добычи руд и их обогащения (природные разновидности и технологические типы руд и их взаимоотношения, особенности обогащения, полупромышленные испытания и т.д.). Решение этих вопросов возможно только при вскрытии рудных тел на существенную глубину и протяженность.

К ОПР необходимо также прибегать при внедрении новых методов добычи полезных ископаемых, а также при отработке новых нетрадиционных типов руд. Кроме того, ОПР целесообразно применяется при освоении крупных и очень крупных месторождений, на которых, прежде чем приступить к строительству основных фабрик, разработанная технологическая схема испытывается и совершенствуется на небольших обогатительных фабриках.

63. 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 или захоронения;

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

гидрогеологические, инженерно-геологические, геокриологические, экологические, горно-геологические, и другие природные условия изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, необходимых для составления проекта разработки месторождения с учетом требований природоохранительного 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 геологических особенностей месторождения;

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

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 месторож-

дений определяется в каждом конкретном случае по результатам государственной геологической экспертизы материалов подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел, их мощность и характер распределения в них рудной минерализации, оценка возможных ошибок разведки (методов, технических средств, опробования и аналитики), а также опыт разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

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

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

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

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

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

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

изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;

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

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

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

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

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

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

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



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

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

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

Коэффициент рудоносности обычно выражается как отношение линейных величин – длины рудных интервалов по скважинам или горным выработкам ( $\lambda_p$ ) 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  $N_3$ , обрисовывающих общую границу сложного объекта):

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

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

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

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

(1.4)

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

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

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

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

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