

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

**I. Общие сведения**

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

2. Методические рекомендации направлены на оказание практической помощи недропользователям и организациям, осуществляющим подготовку материалов по подсчету запасов полезных ископаемых и представляющих их на государственную экспертизу.

3. А л ю м и н и й – один из важнейших металлов современной индустрии. По масштабам производства и потребления он занимает второе место после железа и первое среди цветных металлов, что связано с его универсальными свойствами: малой плотностью ( $2,7 \text{ г/см}^3$ ), высокой электропроводностью, пластичностью, механической прочностью, устойчивостью против коррозии – обусловившими его широкое применение во всех областях техники. Широко применяется в авиационной и автомобильной промышленности, в строительстве и машиностроении, электропромышленности, производстве тары. Наиболее перспективными отраслями-потребителями являются автомобилестроение, строительство и упаковка (фольга, банки). В структуре потребления неуклонно растет вес производства упаковочных материалов и потребительских товаров длительного пользования. Возросло применение алюминия в порошкообразном виде для восстановления металлов и неметаллов из кислородных соединений, чистый алюминий нашел широкое применение в электролитических конденсаторах из фольги, в криоэлектронике и производстве полупроводников.

4. Алюминий – наиболее характерный литофильный породообразующий элемент Земли (кларк его составляет 8,0 %, по А. П. Виноградову). Содержание алюминия в горных породах изменяется от 0,45 % (в ультрабазитах) до 10,45 % (в глинах и сланцах). Главные алюминийсодержащие минералы приведены в табл. 1

Главные алюминийсодержащие минералы

Минерал	Химическая формула	Содержание глинозема, %
1	2	3
Гиббсит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	65,40
Бёмит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	84,97
Диаспор	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	84,97
Каолинит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	39,5
Корунд	$\text{Al}_2\text{O}_3$	100
Нефелин	$(\text{Na}_x, \text{K}_y)_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$	32,0–35,0
Алунит	$(\text{Na}_x, \text{K}_y)_2 \cdot \text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 4\text{Al}(\text{OH})_3$	37,0
Лейцит	$\text{K}_2\text{O} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 4\text{SiO}_2$	22,0–24,0
Кианит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	63,0
Андалузит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	63,0
Силлиманит	$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$	63,0

5. Главным сырьем для алюминиевой промышленности являются бокситы; однако ограниченность запасов высококачественных бокситов в отдельных странах привела к необходимости использования для получения алюминия также других видов сырья (апатит-нефелиновых, нефелиновых, алунитовых руд).

Боксит – руда, состоящая в основном из гидроксидов алюминия (гиббсит, бёмит, диаспор), а также оксидов и гидроксидов железа и глинистых минералов, в которой отношение содержания оксида алюминия к содержанию оксида кремния (кремниевый модуль) не менее 2. Сопутствующие бокситам породы с кремниевым модулем менее 0,85 называют сиаллитами, а с модулем 0,85–2,0 – аллитами.

В зависимости от минерального состава выделяют два основных типа боксита – моногидратный (бёмитовый и диаспоровый) и тригидратный (гиббситовый).

Оксид кремния является основной вредной примесью, присутствует в бокситах как в форме свободного кварца, так и в составе минералов глин – каолинита, галлуазита, накрита, диккита, хлорита (преимущественно шамозита), гидрослюда.

Из минералов железа в бокситах присутствуют гематит, гётит, гидрогематит, гидрогётит, лепидокрокит, маггемит, магнетит. Они неравномерно пропитывают основную массу боксита и в смеси с высокодисперсными минералами свободного глинозема слагают участки колломорфной структуры. В составе бокситов часто встречается сидерит. В качестве второстепенных примесей отмечены фосфаты, цеолиты, алуниты; из аксессуарных минералов – рутил, циркон, сфен, эпидот, турмалин, ильменит, роговая обманка, гранат и др. Кроме основных химических элементов в бокситах присутствуют в рассеянном состоянии – галлий, ванадий, скандий, уран и др.

Минеральная форма основного компонента влияет на выбор режима технологической переработки боксита, ибо минералы глинозема обладают различной вскрываемостью, т. е. реакционной способностью по отношению к растворам щелочи. При выделении типов руд на отдельных месторождениях необходимо учитывать не только минералогическую, но и литологическую характеристику бокситов. Подразделение бокситов на литологические разновидности (каменистые, рыхлые, глинистые и др.) имеет существенное значение, так как во многих случаях в прямой связи с ними находятся технологические и физико-механические свойства. Как правило, каменистые бокситы имеют более высокий кремниевый модуль по сравнению с глинистыми разновидностями.

6. Бокситы следует рассматривать как комплексное сырье, в котором наряду с алюминием практический интерес в настоящий момент представляют ванадий и галлий. При переработке бокситов по методу Байера эти металлы в значительной мере переходят в алюминатные растворы. Схемы извлечения ванадия и галлия из растворов освоены в промышленном масштабе. Использование других полезных компонентов этих руд – железа, титана, скандия, хрома – промышленностью не освоено, и пока практического интереса они не представляют.

7. Основные промышленные типы месторождений алюминия приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Промышленные типы месторождений алюминия и основные типы руд**

Промышленный тип месторождений	Рудоносная формация	Минеральный тип руд	Среднее содержание $Al_2O_3$ , $(SiO_2)$ , %	Попутные компоненты	Промышленный (технологический) тип руд	Примеры месторождений
1	2	3	4	5	6	7
Бокситовый латеритный	Линейных и площадных латеритных кор выветривания по магматическим, метаморфическим и осадочным породам	Гётит-шамозит-бёмитовый	49 (8)	Ga	Металлургический алюминиевый (пиро- и гидрометаллургический)	Висловское, Мелихово-Щебекинское, Верхне-Щугорское (Россия)
	Площадных латеритных кор выветривания (покровов) по магматическим, метаморфическим и осадочным породам	Гиббситовый	46–54 (1–5)	–	То же	Боке, Фриа (Гвинея), Тромбетас (Бразилия), Джарела (Индия)
Бокситовый полигенный	Элювиальных и перемещенных покровов и линзовидных залежей в терригенных и карбонатных породах	Гётит-шамозит-бёмитовый	46–51 (5–9)	Ga, V	«	Вежаю-Ворыквинское (Россия)
	Элювиальных и перемещенных покровов по терригенным породам	Гиббситовый	53–59 (3–10)		«	Уэйпа и др. (Австралия)

1	2	3	4	5	6	7
Боксито- вый оса- дочный терриген- ных толщ	Бокситоносная терригенная (линзовидные и пластообразные залежи, выпол- няющие крупные котловины в тер- ригенных поро- дах)	Као- линит- гипс- бит- бёмит- товый	45–53 (15–18)	Ga, V	Металлургический алюминиевый (магнитно- флотационно- пиро- и гидроме- таллургический)	Иксинское, Плесецкое, (Россия)
	Бокситоносная терригенная (линзовидные за- лежи, выпол- няющие мелкие и средние котлови- ны в карбонатных и терригенных породах)	Као- линит- гипс- бито- вый	40–43 (4–8)	Ga, V	То же	Татарское, Верхоту- ровское, Централь- ное (Россия)
Боксито- вый оса- дочный карбонат- ных толщ	Бокситоносная терригенно- карбонатная (линзовидные и пластообразные залежи, выпол- няющие карсто- вые депрессии в карбонатных по- родах)	Бёмит- диас- поро- вый, гипс- бито- вый	50–54 (2–11)	Ga	Металлургический алюминиевый (пи- ро- и гидрометал- лургический)	Кальинское, Черемухов- ское (Рос- сия), Ман- честер, Сент- Элизабет (Ямайка), Халимба (Венгрия)
Нефели- новый	Щелочных габб- роидов (штоко- вые и дайковые тела)	Нефе- лино- вый	22,5	–	Металлургический алюминиевый (маг- нитно- флотационно- пиро- и гидроме- таллургический)	Кия- Шалтырское (Россия)
	Центральных ин- трузий агпаито- вых нефелиновых сиенитов (пла- стообразные тела)	Апа- тит- нефе- лино- вый	13,6	Апатит, сфен, Ga, Rb, Cs	То же	Расвумчор- ское, Ку- кисвумчор- ское, Юк- спорское (Россия)
	Щелочных габб- роидов (штоко- вые и дайковые тела)	Нефе- лино- вый	18–24	–	«	Горячегор- ское (Рос- сия)

1	2	3	4	5	6	7
Алуни- тый	Пластообразный, жильный в туфах и вторич- ных кварцитах	Алу- ни- тый	20–25	V, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , квасцы	Металлургический алюминиевый (пи- ро- и гидрометал- лургический)	Фан-Шань, Тайху (Ки- тай), Загликское (Азербай- джан), Босагеин- ское (Казах- стан)

Латеритные месторождения включают подавляющую часть мировых запасов бокситов. Их образование связано с глубоким химическим выветриванием алюмосиликатных пород разного состава и возраста в условиях влажного или переменного-влажного тропического климата. Большая часть месторождений располагается на древних платформах в пределах щитов и антеклиз – на территории Африки, Индии, Южной Америки. Бокситовые залежи пластообразные, как правило, не дислоцированы, обладают крупными запасами, характеризуются высоким качеством бокситов и благоприятными условиями разработки. Бокситы месторождений образуют покровы мощностью 5–10 м на вершинах плоских платообразных возвышенностей (бовалей).

На территории России к этому типу отнесено Висловское месторождение раннекаменноугольного возраста, главным рудообразующим минералом на котором является бёмит.

Полигенные месторождения характеризуются генетически разнородными залежами и являются переходными между латеритными и осадочными месторождениями терригенных толщ. Для них характерны крупные и средние по размерам линзообразные рудные залежи, образованные латеритными (структурными), а также осадочными (переотложенными) бокситами. Выполняют они обычно присклоновые депрессии различного генезиса, размера и морфологии. Наиболее крупными из них являются покровные залежи. Типичными объектами этого типа являются неогеновые покровы гиббситовых бокситов северо-восточной Австралии. В бокситовой толще выделяют два или три горизонта, сложенные пизолитовыми (бобовыми), трубчатыми (табулярными), кавернозными и желваковыми бокситами, сцементированными более рыхлой массой такого же химического и минерального состава. Качество руд весьма высокое, но в целом несколько ниже, чем у бовальных латеритов.

На территории России к месторождениям этого типа отнесено Вежаю-Ворыквинское месторождение позднедевонского возраста, главным рудообразующим минералом на котором является бёмит.

Осадочные месторождения терригенных толщ располагаются главным образом на Русской, Китайской и Северо-Американской платформах. Бокситовые месторождения часто связаны с угленосными толщами, однако бокситообразование и угленакопление несколько разобщены во времени и пространстве.

Типичными представителями долинного (овражно-балочного) типа являются месторождения Тихвинского бокситоносного района с характерными узкими линейно вытянутыми линзообразными залежами небольших размеров. Бокситовые залежи пластообразного типа имеют пластообразную форму с неправильными извилистыми контурами в плане, часто невыдержанную мощность, обычно бёмитовый, гиббситовый или бёмит-гиббситовый состав бокситов. Особенность месторождений карстового типа – наличие большого числа мелких залежей, располагающихся в карстовых полостях. Размещение залежей определяется особенностями геологического строения карбонатных пород дорудно-

го фундамента; их форма и размеры зависят от особенностей вмещающих депрессий. Рудные тела часто имеют большие мощности (до 150 м), но незначительные размеры, небольшие запасы и сравнительно низкое качество бокситов. Бокситоносные толщи помимо бокситов обычно содержат значительные объемы высокосортных огнеупорных глин. Внутреннее строение их сложное, обязанное переслаиванию глинистых пород и кондиционных бокситов. Химический и литологический состав бокситов не выдержан, среди мезокайнозойских объектов преобладают гиббситовые разности, палеозойские чаще имеют бёмитовый состав.

На территории России к этому типу отнесены Иксинское и Тимшерско-Пузлинское месторождения раннекаменноугольного возраста, главным рудообразующим минералом на которых является бёмит, и Центральное, Верхотуровское, Суховское, Еденисское месторождения мел-палеогенового возраста, главным рудообразующим минералом на которых является гиббсит.

Осадочные месторождения карбонатных толщ характерны для герцинских и альпийских складчатых областей. Формирование дорудной закарстованной поверхности и накопление бокситов происходило обычно на рифогенных мелководных известняках. К карстопластообразному типу отнесены месторождения с пласто- и линзообразной формой залежей. Кровля залежей обычно ровная или слабо волнистая, подошва неровная. Характерны очень крупные и средние по размерам залежи протяженностью от сотен метров до первых километров, мощностью от 5–7 до 10–12 м. Качество бокситов высокое и достаточно выдержанное, преобладают моногидратные диаспоровые, диаспор-бёмитовые и бёмитовые разности. Формирование месторождений карсто-покровного типа характерно для карстовых областей с преобладающим развитием обширных и сложных по форме карстовых котловин, определяющих форму и размеры бокситовых залежей. Качество бокситов весьма выдержанное как в плане, так и в разрезе. Типичными карсто-покровными являются месторождения о. Ямайка. Месторождения карсто-линзообразного типа отличаются от карстопластообразных меньшими размерами. Качество бокситов высокое. Месторождения этого типа имеют большое практическое значение в странах Средиземноморья. Карстоворонковый тип месторождений отличается большим числом мелких залежей карманообразной, гнездообразной, воронкообразной формы. Геологическая позиция, условия залегания и качество руд описываемых месторождений аналогичны месторождениям карстолинзообразного типа, между ними нередко взаимопереходы.

На территории России к месторождениям этого типа отнесены Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское месторождения позднедевонского возраста, главным рудообразующим минералом на которых является диаспор.

Нефелиновые руды после бокситов являются вторым по промышленному значению источником глинозема, но в значительных количествах они используются лишь в России. Промышленная ценность нефелиновых пород определяется содержанием минерала нефелина. Состав нефелина:  $Al_2O_3$  29–35 %;  $SiO_2$  43–48 %;  $R_2O$  17–20 %;  $Na_2O$  может на 10–20 % замещаться  $K_2O$ . В качестве примесей вероятно присутствие  $CaO$ ,  $Ga_2O_5$ ,  $V_2O_5$ ,  $Fe_2O_3$ .

Нефелинсодержащие породы образуют разных размеров штоки, дайки, а иногда и лакколиты в составе щелочных комплексов, связанных как с ультраосновной и основной, так и с кислой магмой. Преимущественными областями развития щелочных пород являются платформы и области завершённой складчатости.

Наиболее богаты нефелином уртиты (Кия-Шалтырское месторождение) – породы, состоящие на 75–85 % из нефелина и на 10–15 % из пироксена. Эти руды могут перерабатываться без предварительного обогащения. Щелочные габброидные породы – ийолиты, тералиты (Горячегорское месторождение), содержащие до 50 % темноцветных минералов и

30–50 % нефелина и полевых шпатов, могут быть обогащены с получением нефелинового концентрата. В Мурманской области сосредоточены огромные запасы и ресурсы апатит-нефелиновых руд, хвосты переработки которых являются высококачественным комплексным глиноземным сырьем.

Оценка нефелиновых пород как комплексного сырья должна производиться с учетом главным образом двух показателей – щелочного модуля (молекулярное отношение  $K_2O+N_2O/Al_2O_3$ ) и молекулярного отношения  $SiO_2/Al_2O_3$ . Наиболее рентабельной является переработка нефелиновых пород с щелочным модулем, близким к единице, и молекулярным отношением  $SiO_2/Al_2O_3$  не более 3,3–3,4.

Промышленные месторождения алунитовых руд связаны с молодым вулканизмом и расположены в пределах подвижных зон земной коры – тихоокеанское побережье Азии с островными дугами, Австралии, Северной и Южной Америки; зона альпийского тектогенеза Евразии и северной Африки. Алунит, относящийся к группе основных двойных сульфатов алюминия и щелочных металлов, содержит 37 %  $Al_2O_3$ , 38,6 %  $SO_3$  и 11,4 % щелочей, поэтому алунитовые руды используются как комплексное сырье для получения глинозема, калийных удобрений и серной кислоты.

Алунитовая минерализация проявляется в разнообразных геологических условиях – в вулканогенных областях, в зонах вторичных кварцитов, в угленосных толщах, в зонах окисления сульфидных месторождений.

Образование алунитов связано с воздействием сернистых газов и растворов, обогащенных серной кислотой, на вмещающие породы. В силу этих причин среди крупных месторождений встречаются как жильные скопления, так и пластообразные тела, образовавшиеся метасоматическим путем.

Крупнейшими в мире являются месторождения Фан-Шань и Тайху в Юго-Восточном Китае, а наиболее значительными месторождения в бывшем СССР – Загликское, Гушсайское, Беганьковское, Пекинское.

8. Все возрастающий спрос на алюминий и его сплавы вызывает необходимость вовлечения в сферу глиноземного производства новых видов сырья. К настоящему времени в мировой практике существует ряд примеров использования в экспериментальных условиях для производства алюминия глин с повышенным содержанием глинозема (США), лейцитовых (Италия) и андалузитовых (Швеция) пород, лабрадоритов (Норвегия), алунитов и алюмосланцев (Япония), угольной золы в сочетании с высокоглиноземистыми глинами (ФРГ). Стоимость глинозема во всех этих случаях в 4–5 раз превышает стоимость глинозема из высокосортных бокситов.

В России месторождения каолинов  $\{Al_4[(OH)_8Si_4O_{10}]\}$ , содержащих до 40 %  $Al_2O_3$ , распространены широко. Пока они не используются для переработки на глинозем.

Наряду с каолинами и высокоглиноземистыми глинами потенциальным и более перспективным сырьем на глинозем и соду представляется давсонит  $[NaAlCO_3(OH)_2]$ , который образует крупные скопления в ассоциации с эвапоритовыми озерными отложениями.

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

9. По размерам и форме рудных тел, изменчивости их мощности, внутреннего строения и качества полезного ископаемого месторождения бокситов (участки крупных месторождений для отработки самостоятельными предприятиями) соответствуют 1-, 2- и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полез-

ных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

К 1-й группе относятся бокситовые месторождения (участки) простого геологического строения с рудными телами, представленными крупными (площадью от 0,5 км<sup>2</sup> до нескольких десятков квадратных километров) пластообразными залежами с ненарушенным или слабо нарушенным залеганием, с выдержанными мощностью (от 2 до 10–15м) и качеством бокситов (Иксинское месторождение). К этой группе отнесено и Загликское алунитовое месторождение с пластообразной формой залежей простого строения.

Ко 2-й группе относятся бокситовые месторождения (участки) сложного геологического строения с крупными и средними по размерам рудными телами, представленными линзовидно-пластообразными и линзообразными залежами со сложными контурами (площадью от 0,3 до 1,5 км<sup>2</sup>) и изменчивой мощностью (от 1,5 до 32 м, в среднем – 4–7 м), но относительно выдержанным качеством бокситов (Висловское, Вежаю-Ворыквинское) и крупными (площадью от 0,5 км<sup>2</sup> до первых квадратных километров) карсто-пластообразными залежами с выровненной кровлей и неровной подошвой, с изменчивой мощностью (от 1 до 30 м, в среднем – 4–6 м) (Красная Шапочка, Кальинское, Ново-Кальинское, Черемуховское, Сосьвинское) а также со средними по размерам карстотловинными залежами сложного строения, изменчивой мощности и невыдержанным качеством бокситов (Краснооктябрьское, Амангельдинская группа).

Ко 2-й группе отнесены нефелиновые Кия-Шалтырское и Горячегогорское месторождения с крупными и средними по размерам штокообразными телами изометричной и удлиненной формы, с выдержанными параметрами.

К 3-й группе относятся бокситовые месторождения (участки) очень сложного геологического строения со средними и мелкими рудными телами (площадью от 0,2 до 1 км<sup>2</sup>), с линзообразными, карманообразными и гнездообразными залежами с резко меняющимися мощностью (от 0,5 до 8–10 м) и качеством бокситов (Барзасское, Мугайское, Чадобецкое, Белинское, Аятское, Татарская группа, Ибджибдек).

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

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

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

12. 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 алюминиевых руд обычно составляются в масштабах 1:2000–1:10 000. Все разведочные и эксплуатационные выработки (скважины, шурфы, шахты), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных залежей должны быть инструментально привязаны. На обрабатываемых месторождениях контуры карьеров и подземные горные выработки наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:1000, сводные планы – в масштабе не мельче 1:2000. Для скважин должны быть вычислены координаты



точек пересечения ими кровли и подошвы рудного тела и построены проложения их стволов на планах и разрезах.

13. Геологическое строение месторождения должно быть изучено детально и отображено на геологической карте масштаба 1:2000–1:10 000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и характере выклинивания рудных тел, взаимоотношениях их с литолого-петрографическими комплексами пород, складчатыми структурами и разрывными нарушениями в степени, необходимой и достаточной для обоснования подсчета запасов. На месторождениях бокситов эти материалы должны отражать также размещение и состав продуктов кор выветривания, литологических разновидностей бокситов, особенности строения кровли и подошвы рудных тел, изменение по простиранию и падению мощностей и марочного состава бокситов. Следует также обосновать геологические границы месторождения и поисковые критерии, определяющие местоположение перспективных участков, в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1$  \*.

14. Выходы на поверхность и приповерхностные части рудных тел и продуктов кор выветривания должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить закономерности распределения природных разновидностей руд, продуктов кор выветривания, особенности строения кровли и подошвы залежей бокситов и провести подсчет запасов отдельно по промышленным (технологическим) типам.

15. Разведка месторождений алюминиевых руд на глубину проводится в основном скважинами с использованием геофизических методов исследований (наземных и в скважинах), а при небольшой глубине залегания рудных залежей – скважинами в сочетании с поверхностными горными выработками. Конструкция колонковых скважин и технологический режим бурения по бокситам должны быть подчинены основной задаче – максимальному получению керна и исключению возможности загрязнения его вмещающими породами или буровыми растворами. При разведке крутопадающих пластообразных и линзообразных залежей нефелиновых и алунитовых руд глубина, угол наклона и расстояние между скважинами должны обеспечить получение перекрытого разреза.

Методика разведки – виды и объемы геофизических исследований, их назначение и соотношение с буровыми и горными работами, плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

16. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, обеспечивающем выяснение с необходимой полнотой особенностей залегания рудных тел и вмещающих пород, их мощности, внутреннего

---

\* По району месторождения и рудному полю необходимо иметь геологическую карту и карту полезных ископаемых в масштабе 1:25 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать размещение рудоконтролирующих структур, рудовмещающих литолого-фациальных комплексов пород и продуктов кор выветривания, месторождений алюминия и рудопроявлений района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы алюминиевых 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.

строения рудных тел, распределения природных разновидностей руд, их текстуры и структуры, а также представительность материала для опробования. Практикой геологоразведочных работ установлено, что выход керна должен быть не менее 70 % по каждому рейсу бурения. Достоверность определения линейного выхода керна следует систематически контролировать весовым или объемным способом.

При разведке бокситов бурение по рудной зоне следует проводить укороченными рейсами, с применением промывочных жидкостей, исключающих загрязнение керна. При разведке рудных тел, сложенных рыхлыми рудами, необходимо применять специальную технологию бурения, способствующую повышению выхода материала (бурение без промывки, укороченными рейсами, двойными колонковыми снарядами и т. п.).

Величина представительного выхода керна для определения качества руд и мощностей рудных интервалов должна быть подтверждена исследованиями возможности неравномерного истирания рыхлых руд или некондиционных прослоев. Для этого необходимо по основным типам руд сопоставить результаты опробования по интервалам с их различным выходом, а также данные, полученные по керну, с данными опробования контрольных горных выработок и результатами геофизического опробования. При низком выходе керна или его истирании, существенно искажающем результаты опробования, следует применять другие технические средства разведки.

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

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не более чем через каждые 20 м должны быть определены и подтверждены контрольными замерами азимутальные и зенитные углы их стволов. Результаты этих измерений необходимо учитывать при построении геологических разрезов, погоризонтных планов и расчете мощностей рудных интервалов. При наличии подсечений стволов скважин эксплуатационными 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. Бурение по руде целесообразно производить одним диаметром.

17. Горные выработки на неглубоко залегающих месторождениях в основном проходятся для контроля данных бурения, геофизических исследований, отбора технологических проб и целиков для определения объемной массы и влажности, а также для изучения условий залегания, морфологии, внутреннего строения, вещественного состава и особенностей распределения типов и сортов руд. Горные выработки следует проходить на участках детализации.

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

Приведенные в табл. 3 обобщенные сведения о плотности сетей, применявшихся при разведке месторождений бокситов в странах СНГ, и данные по конкретным месторождениям нефелиновых руд могут учитываться при проектировании геологоразведочных работ,

но их нельзя рассматривать как обязательные. Для каждого месторождения на основании изучения участков детализации и тщательного анализа всех имеющихся геологических, геофизических и эксплуатационных материалов по данному или аналогичным месторождениям обосновываются наиболее рациональные геометрия и плотность сети разведочных выработок.

19. Для подтверждения достоверности запасов отдельные участки месторождения должны быть разведаны более детально. Число и размеры участков детализации определяются недропользователем и обосновываются в ТЭО разведочных кондиций. Эти участки следует изучать и опробовать по более плотной разведочной сети, по сравнению с принятой на остальной части месторождения. На месторождениях 1-й группы запасы должны быть разведаны по категориям А+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>.

**Сведения о плотности сетей разведочных скважин,  
применявшихся при разведке месторождений бокситов в странах СНГ\***

Группа место- рожде- ний	Структурно- морфологический тип рудных тел	Расстояния между пересечениями рудных тел выработками (в м) для категорий запасов					
		А		В		С <sub>1</sub>	
		по прости- ранию	по паде- нию	по прости- ранию	по паде- нию	по прости- ранию	по паде- нию
1	2	3	4	5	6	7	8
1-я	Крупные простого строе- ния пластообразные зале- жи с выдержанной мощно- стью и качеством бокси- тов: изометричной формы вытянутые по простира- нию						
		100	100	200	200	400	400
		100	100–50	200	100	400	200
2-я	Плащеобразные и линзо- видно-пластообразные за- лежи со сложным конту- рами и изменчивой мощ- ностью, но относительно выдержанным качеством бокситов: крупные по размерам, вытянутые по простира- нию залежи (типа Ви- словского месторожде- ния)	–	–	150– 75**	100– 50**	300	100
		–	–	100	50	200	200
	Крупные сложного строе- ния карсто-пластообразные залежи с выровненной кровлей и крайне неровной подошвой (типа месторож- дений СУБРа): с изменчивой мощно- стью и отсутствием без- рудных окон с резко меняющейся мощностью и наличием безрудных окон	–	–	100	100	200	200
		–	–	100***	100***	200***	200***
				С центральной скважиной			

1	2	3	4	5	6	7	8
	Средние по размерам карсто-котловинные залежи сложного строения с изменчивой мощностью и невыдержанным качеством бокситов (типа месторождений Казахстана – Восточно-Тургайской группы и Краснооктябрьского)	–	–	50–100	50–100	100–200	50–100
3-я	Очень сложного строения линзообразные, карманообразные и гнездообразные залежи с резко меняющимися мощностью и качеством бокситов:						
	средние по размерам	–	–			100–50	100–50
	небольшие и мелкие	–	–			25–50	25–50

\* Систематизировать данные о плотности разведочной сети для месторождений алунитовых и нефелиновых руд не представляется возможным ввиду ограниченности этих данных. Загликское алунитовое месторождение разведывалось скважинами по сети 100×100 м для категории А, 200×200 м для категории В и 400×400 м для категории С<sub>1</sub>, так же разведано Горячегорское месторождение нефелиновых руд, а Кия-Шалтырское нефелиновое месторождение разведывалось горными выработками и скважинами по сети 200×200 м для категории А, 200×400 м для категории В и 400×400 м для категории С<sub>1</sub>.

\*\* На участках сгущения сети.

\*\*\*При подсчете запасов, разведанных по приведенной сети, применяются поправочные понижающие коэффициенты, установленные на основании сопоставления данных разведки и эксплуатации.

**П р и м е ч а н и е.** На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С<sub>2</sub> по сравнению с сетью для категории С<sub>1</sub> разрежается в 2–4 раза в зависимости от сложности геологического строения месторождения.

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

Полученная на участках детализации информация используется для обоснования группы сложности месторождения, подтверждения соответствия принятых геометрии и плотности разведочной сети 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.

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.

20. Все разведочные выработки и выходы рудных тел и кор выветривания на поверхность должны быть задокументированы. Результаты опробования выносятся на первичную документацию и сверяются с геологическим описанием.

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

21. 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.

22. Выбор методов и способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей месторождения и физических свойств полезного ископаемого и вмещающих пород, а также применяемых технических средств разведки.

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

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

23. 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;

опробование необходимо проводить непрерывно, на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы на величину, превышающую мощность пустого или некондиционного прослоя, включаемого в соответствии с требованиями кондиций в промышленный контур: для рудных тел без видимых геологических границ – во всех разведочных сечениях, а для рудных тел с четкими геологическими границами – по разреженной сети выработок. В разведочных выработках кроме коренных выходов руд должны быть опробованы и продукты их выветривания;

опробование должно проводиться секциями, отдельно по разновидностям руд (каменистые, рыхлые, глинистые и другие бокситы, уртиты, тералиты, нефелиновые сиени-

ты); длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – также длиной рейса; при этом интервалы с разным выходом керна опробуются раздельно; во всех случаях отбираемые пробы бокситов должны предохраняться от загрязнения вмещающими породами и глинистыми буровыми растворами.

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

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

При геофизическом опробовании в естественном залегании контролируется стабильность работы аппаратуры и воспроизводимость метода при одинаковых условиях рядовых и контрольных измерений\*. Достоверность геофизического опробования определяется сопоставлением данных геологического и геофизического опробования по опорным интервалам с высоким выходом керна (более 90 %), для которого доказано отсутствие его избирательного истирания.

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

Достоверность скважинного опробования и представительность керна при различном его выходе заверяются опробованием сопряженных горных выработок, в том числе пройденных для отбора технологических проб и определения объемной массы в целиках, а для глубокозалегающих рудных тел – данными геофизического опробования.

Для разрабатываемых месторождений заверка достоверности принятых методов опробования осуществляется сопоставлением в пределах одних и тех же горизонтов, блоков, участков месторождения данных, полученных раздельно по горным выработкам и колонковому бурению.

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

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

Качество обработки должно систематически контролироваться по всем операциям в части обоснованности коэффициента К и соблюдения схемы обработки.

Обработка контрольных крупнообъемных проб производится по специально составленным программам.

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

---

\* 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) ГКЗ после их одобрения НСАМ или другими компетентными советами.

минералогических исследований (НСОММИ) Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

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.

Бокситы анализируются на следующие компоненты:  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $FeO$ ,  $MnO$ ,  $S$ ,  $CO_2$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $C$  (орг.),  $P_2O_5$ ,  $Ga$ ,  $V_2O_5$ ,  $Sc$ ,  $Cr_2O_3$ , п.п.п. На всех стадиях работ  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ , п.п.п. определяются по рядовым пробам. Содержания всех остальных элементов устанавливаются по групповым пробам. Бокситы по месторождению и подсчетным блокам должны быть охарактеризованы на  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $FeO$  (для шамозитсодержащих руд), п.п.п.,  $TiO_2$ ,  $CaO$ ,  $S$ ,  $CO_2$ ,  $Ga$ ,  $V_2O_5$ ,  $P_2O_5$ .

Нефелиновые руды анализируются на следующие компоненты:  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ ,  $TiO_2$ ,  $P_2O_5$ ,  $S$ ,  $CO_2$ , п.п.п.,  $Cl$ ,  $Ga$ ,  $Rb$ ,  $Cs$ ,  $Sc$ ,  $V_2O_5$ . На всех стадиях работ определение  $Al_2O_3$ ,  $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $CaO$ ,  $MgO$ ,  $MnO$ ,  $Na_2O$ ,  $K_2O$ , п.п.п. выполняется по рядовым пробам. Содержание всех остальных компонентов определяется по групповым пробам. Нефелиновые руды по подсчетным блокам, участкам и месторождению в целом должны быть охарактеризованы на все перечисленные выше компоненты.

Алунитовые руды анализируются на  $Al_2O_3$  (общ.),  $Al_2O_3$  (неалунитовый),  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $SO_3$ ,  $Fe_2O_3$ , п.п.п.,  $SiO_2$ ,  $TiO_2$ ,  $BaO$ ,  $P_2O_5$ ,  $V_2O_5$ ,  $Ga$ ,  $FeO$ . На всех стадиях работ определение  $Al_2O_3$  (общ.),  $SiO_2$ ,  $Al_2O_3$  (неалунитового),  $K_2O$ ,  $Na_2O$ ,  $SO_3$ ,  $Fe_2O_3$ , п.п.п. производится по рядовым пробам.

Попутные ценные компоненты и вредные примеси, если их содержание в рядовых пробах не лимитируется кондициями, как правило, определяются по групповым пробам. Групповые пробы должны характеризовать определенные промышленные типы и сорта руд.

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

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

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

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

Пробы, направленные на внутренний и внешний контроль, должны характеризовать все разновидности руд месторождения и классы содержаний. В обязательном порядке на



внутренний контроль направляются все пробы, показавшие аномально высокие содержания анализируемых компонентов.

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

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

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

Таблица 4

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

Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ga и Ge, г/т) *	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %	Компонент	Класс содержаний компонентов в руде, % (Ga и Ge, г/т) *	Предельно допустимая относительная среднеквадратическая погрешность, %
1	2	3	4	5	6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	>70	1,3	Na <sub>2</sub> O	>25	4,5
	50–70	1,5		5–25	6,0
	30–50	2,5		0,5–5	15
	25–30	3,5		<0,5	30
	15–25	4,5	K <sub>2</sub> O	>5	6,5
SiO <sub>2</sub>	20–50	2,5		1–5	11
	5–20	5,5		0,5–1	15
	1,5–5	11		<0,5	30
TiO <sub>2</sub>	>15	2,5	п. п. п.	20–30	2
	4–15	6,0		5–20	4
	1–4	8,5		1–5	10
	<1	17		<1	25
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	20–30	2,5	V <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	>1	8
	10–20	3,0		0,5–1,0	12
	5–10	6,0		0,2–0,5	15
	1–5	12		0,1–0,2	20

1	2	3	4	5	6
CaO	1–7	11	Ga	0,01–0,1	25
	0,5–1	15		<0,01	30
	0,2–0,5	20		>50	18
	<0,2	30		10–50	24
MgO	0,5–1	16	Ge	<10	30
	0,05–0,5	30		>50	18
	<0,05	30		10–50	26
S	0,5–1	12		<10	30
	0,3–0,5	15			
	0,1–0,3	17			

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

31. При выявлении по данным внешнего контроля систематических расхождений между результатами анализов основной и контролирующей лабораторий проводится арбитражный контроль. Этот контроль выполняется в лаборатории, имеющий 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 и разработать мероприятия по устранению недостатков в работе основной лаборатории, а также решить вопрос о необходимости повторного анализа всех проб данного класса и периода работы основной лаборатории или о введении в результаты основных анализов соответствующего поправочного коэффициента. Без арбитражного анализа введение поправочных коэффициентов не допускается.

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

33. Минеральный состав природных разновидностей и промышленных типов 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).

Для отдельных литологических разновидностей и марок бокситов необходимо определить минеральную форму глинозема (гиббсит, бёмит, диаспор, корунд) и установить форму нахождения кремнезема. При этом особое внимание следует обратить на выделение специфических сортов бокситов, содержащих шамозит.

Для нефелиновых руд наряду с описанием глиноземсодержащих минералов определяются их количество и взаимоотношения как между собой, так и с другими минералами, размеры и соотношения различных по крупности классов, выясняется наличие сростков с другими минералами, характер срастания и размеры сростков.

Должно быть изучено распределение основных, попутных компонентов и вредных примесей и составлен их баланс по формам минеральных соединений.

34. Определение объемной массы и влажности руд необходимо производить для каждой природной разновидности и внутрирудных некондиционных прослоев, руководствуясь соответствующими нормативно-методическими документами.

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

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

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

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

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

36. Технологические свойства руд, как правило, изучаются в лабораторных и полупромышленных условиях на минералого-технологических, малых технологических, лабораторных, укрупненно-лабораторных и полупромышленных пробах. Технологические свойства бокситов на вскрываемость, как правило, изучаются в лабораторных условиях. При имеющемся опыте переработки в промышленных условиях допускается использование аналогии, подтвержденной результатами изучения литологических, минералогических и химических особенностей бокситов.

Бокситы в странах СНГ используются в сыром виде после дробления без предобогащения\*. Алунитовые руды механическому обогащению не подвергаются и, как и основная масса бокситов, потребляются в чистом виде после дробления. Нефелиновые руды готовятся для производства глинозема обогащением, которое включает мокрую магнитную сепарацию и флотацию.

Технологические свойства нефелиновых и алунитовых руд изучаются в лабораторных или полупромышленных условиях.

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).

---

\* В других странах некоторые типы бокситов (каолинит-гипсбитовые) обогащаются промывкой с последующей классификацией по крупности. Схемы подготовки включают дробление, дезинтеграцию, мокрое грохочение и обесшламливание. Удаление в тонкие фракции глинистых разновидностей позволяет существенно повысить кремниевый модуль боксита.

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

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

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

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

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

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

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

Для выделенных промышленных (технологических) типов должны быть определены оптимальный метод переработки (байеровский, спекания или с использованием комбинированных технологических схем, сочетающих методы Байера и спекания), извлечение глинозема и удельные потери щелочи (для байеровского метода), извлечение глинозема и щелочи, удельный расход известняка (для спекательного), выход попутных продуктов переработки нефелиновых и алунитовых руд (сода, поташа, портландцемента, серной кислоты, сульфата калия), необходимость обезвреживания промстоков.

41. Исследование качества руды предусматривает изучение ее дробимости (для бокситов до крупности –50 и –3(1) мм, для нефелиновых руд до –5 мм) с использованием методов и приемов технологической минералогии. Изучается степень окисленности, минеральный и химический состав, структурные и текстурные особенности и измельчаемость руды, а также физические и химические свойства минералов и минеральных комплексов, степень контрастности этих свойств. Определяется эффективность раскрытия минераль-

ных фаз при разной степени измельчения, проводится ситовый и гравитационный анализы, выявляется возможность обогащения руд флотацией, гравитацией, магнитной сепарацией.

42. Переработка руд включает в себя две основные стадии: получение оксида алюминия (глинозема) пиро- и гидрометаллургическим методами и металлургический передел оксида алюминия электролизом расплавленных фтористых солей алюминия. Некоторые типы бокситов (гиббситовые, каолинит-гиббситовые) с повышенным содержанием вредных примесей, а также нефелиновые руды подвергаются предварительному магнитно-гравитационному обогащению.

43. Важнейшим методом переработки бокситов на глинозем является гидрохимический метод Байера. Принципиальная схема процесса заключается в следующем: боксит после тонкого помола подвергается обработке концентрированным раствором едкого натра или обратным алюминатно-щелочным раствором, в результате чего содержащийся в боксите глинозем переходит в раствор в форме алюмината натрия ( $\text{NaAlO}_2$ ).

Метод Байера наиболее прост и экономичен; расход электроэнергии при этом в 4 раза ниже, чем при использовании метода спекания. Однако метод Байера применим лишь для переработки бокситов с небольшим содержанием кремнезема.

Получение глинозема из бокситов с повышенным содержанием кремнезема осуществляется спеканием трехкомпонентной шихты из боксита, известняка и соды при температуре 1150–1250 °С с последующим выщелачиванием обратными щелочными растворами слабых концентраций. С его помощью можно использовать высококремнистые и высококарбонатные бокситы.

В отечественной алюминиевой промышленности используют комбинированные технологические схемы, сочетающих методы Байера и спекания, что предусматривает возможность одновременной переработки на одном заводе разнокачественных бокситов с компенсацией каустической щелочи, теряемой в ветви Байера, за счет кальцинированной соды, вводимой в ветвь спекания.

Нефелиновое сырье (руда или концентрат обогащения) перерабатывается методом спекания с известняком, который добавляется для связывания кремнезема в малорастворимый двухкальциевый силикат. Процесс осуществляется при температуре 1250–1300 °С. Получаемый спек выщелачивается обратным содовощелочно-алюминатным раствором, в который переходят алюминаты натрия и калия, а двухкальциевый силикат остается в осадке (белитовый шлам).

Алюминатный раствор после его обескремнивания карбонизируется газами, содержащими оксид углерода, для разложения алюминатов натрия и калия. Образующийся при карбонизации гидрат оксида алюминия выпадет в осадок. Отфильтрованный и прокаленный гидрат оксида алюминия является товарным продуктом.

Из фильтрата получают соду и поташ ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ). Белитовый шлам используется для производства портландцемента. При производстве 1 т глинозема попутно получают 1 т содопродуктов (соды и поташа) и 10 т цемента. Таким образом, используются все компоненты исходного нефелинового сырья. Товарный выход глинозема составляет 80–83 %, содопродуктов – около 80 %.

Алунитовые руды после измельчения подвергаются восстановительному обжигу в печах «кипящего слоя», а затем восстановленный алунит выщелачивается обратной щелочью (130 г/л  $\text{Na}_2\text{O}$ ) при температуре 80 °С; красный шлам направляется в отвал. Из алюминатного раствора после его обескремнивания, осветления и выпаривания выделяют гидрат оксида алюминия, который промывается и кальцинируется. Выделенные на выпарке сульфатные соли перерабатываются на сульфат калия, а отходящий из печи «кипящего слоя» сернистый газ – на серную кислоту.

Перспективные методы переработки алюминиевых руд:

радиометрическая крупнопорционная сортировка и покусковая сепарация для кондиционирования руд по содержанию железа и кремнезема;

магнитная сепарация мелкокускового материала (–10мм) с использованием роторных сепараторов с высокоинтенсивным магнитным полем.

44. Товарной продукцией переработки алюминиевых руд является глинозем. Основные требования к его качеству определяются областью его использования и регламентируются по содержанию основного ценного компонента ( $Al_2O_3$ ) и вредных примесей ( $SiO_2$ ,  $Fe_2O_3$ ,  $Na_2O+K_2O$  в пересчете на  $Na_2O$ ).

Качество боксита регламентируется договором между поставщиком (рудником) и металлургическим предприятием или должно соответствовать существующим стандартам и техническим условиям, в которых должны быть указаны: технические требования к рудам, учитывающие способ переработки; правила приемки; методы испытаний руд; условия транспортирования и хранения, а также гарантии поставщика. Для сведения в табл. 5–7 в качестве ориентировочных приведены марки бокситов, извлекаемых из недр, которые использовались в СССР, физико-химические показатели бокситов и требования к качеству глинозема.

Таблица 5

**Марки и виды потребления бокситов**

Марка	Преимущественная область применения
ЭБ-1	Производство электрокорунда марки 18А
ЭБ-2	» электрокорунда марок 14А и
ЦБ-1	» глиноземистого цемента
ЦБ-2	» цемента
ОБ	» огнеупоров
ГБ	» глинозема
МБ	Мартеновское производство стали

Таблица 6

**Физико-химические показатели бокситов**

Показатели	Норма для марки						
	ЭБ-1	ЭБ-2	ЦБ-1	ЦБ-2	ОБ	ГБ	МБ
Комплексный показатель качества Б, не менее	41	31	31	0	6	6	0
Массовая доля $Al_2O_3$ , %, не менее	–	43	34	28	–	28	28
Массовая доля, %, не более:							
S	0,3	0,3	0,8	–	0,5	–	0,2
$P_2O_5$	0,5	0,5	–	–	–	–	0,6
CaO	0,1	0,25	2,0	–	1,5	–	–
$Fe_2O_3$	–	–	–	–	3,0	–	–
Примечание. Комплексный показатель качества Б представляет собой выражение вида $Al_2O_3 - a_1SiO_2 - a_2Fe_2O_3 - a_3CO_2 - a_4S + a_5CaO + a_6$ п. п. п. – $a_7$ ; величина численных коэффициентов $a_1...a_7$ определяется для каждого месторождения конкретными технико-экономическими расчетами.							

**Требования к качеству глинозема  
(первый показатель – высшие, второй – низшие сорта)**

Производство	Содержание $\text{Al}_2\text{O}_3$ , %, не менее	Содержание примесей, %, не более			Потери массы при прокаливании, %, не менее
		$\text{SiO}_2$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O}$ в пересчете на $\text{Na}_2\text{O}$	
1	2	3	4	5	6
Первичного алюминия электролитическим методом и специальных марок керамики	30–25	0,02–0,05	0,03–0,05	0,4–0,5	0,08–1,0
Первичного алюминия электролитическим методом	30–25	0,08–0,2	0,03–0,05	0,5–0,6	0,9–1,1
Белого электрокорунда	70	0,08	0,2	0,3	0,4
Специальных видов электрокерамики	95–93	0,1	0,4	0,1–0,2	0,2
Электроизоляционных изделий и специальных видов керамики	93	0,15	0,6	0,3	0,2
Катализаторов при производстве чугуна	25 (не более)	0,05	0,4	0,4	1,5

Нефелиновые концентраты и уртиты успешно перерабатываются на Пикалевском глиноземном заводе и Ачинском глиноземном комбинате. Единых официально утвержденных технических условий на нефелиновую руду как сырье для производства глинозема в настоящее время не существует.

45. 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 промежуточных продуктах (алюминатные растворы) и отходах глиноземного производства, а также установить условия, возможность и экономическую целесообразность их извлечения.

46. При переработке всех типов алюминиевых руд должно быть изучено обратное водоснабжение, определен удельный расход свежей воды, добавляемой при отдельных операциях, методы очистки промстоков и утилизации отходов глиноземного производства.

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

47. Гидрогеологическими исследованиями должны быть изучены основные водоносные горизонты, которые могут участвовать в обводнении месторождения, выявлены наи-

более обводненные участки и зоны и решены вопросы использования или сброса рудничных вод.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Инженерно-геологическими исследованиями должны быть изучены: физико-механические свойства руд, рудовмещающих пород и перекрывающих их отложений, определяющие характеристику их прочности в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия; состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.



В районах с развитием многолетнемерзлых пород следует установить их температурный режим, положение верхней и нижней границ мерзлотной толщи, контуры и глубину распространения таликов, характер изменения физических свойств пород при оттаивании, глубину слоя сезонного оттаивания и промерзания.

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

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

49. 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.

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

51. 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.

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

Для решения вопросов, связанных с рекультивацией земель, следует определить мощность почвенного покрова и произвести агрохимические исследования рыхлых отложений, а также выяснить степень токсичности пород вскрыши и возможность образования на них растительного покрова.

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

## **VI. Подсчет запасов**

54. Подсчет и квалификация по степени разведанности запасов месторождений алюминиевых руд производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов ме-

сторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом Министра природных ресурсов Российской Федерации от 7 марта 1997г. № 40.

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

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

однородностью геологического строения, примерно одинаковой 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 крутопадающих рудных тел подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания марок бокситов или промышленных (технологических) типов и сортов нефелиновых и алунитовых руд, количество и качество их в подсчетном блоке определяются статистически.

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

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

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

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

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

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

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

Контуры запасов категории С<sub>1</sub> определяются по скважинам и на основании геологически обоснованной экстраполяции, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

Запасы категории  $C_2$  подсчитываются по конкретным рудным телам, а при невозможности их геометризации статистически в обобщенном контуре, границы которых определены по геологическим и геофизическим данным и подтверждены единичными скважинами, встретившими промышленные руды, или путем экстраполяции по простиранию и падению от разведанных запасов более высоких категорий при наличии подтверждающих экстраполяцию единичных пересечений, результатов геофизических работ, геолого-структурных построений. При определении контуров запасов этой категории следует учитывать условия залегания рудных тел и установленные закономерности изменения их размеров, формы, мощностей и качества руд.

57. Запасы подсчитываются отдельно по категориям, способам отработки (карьерными, шахтами), промышленным (технологическим) типам и сортам руд (маркам бокситов) и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

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, горнотехнических, экологических и др.).

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

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

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

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

Если данные разведки в целом подтверждаются разработкой или имеющиеся незначительные расхождения не влияют на технико-экономические показатели горнодобываю-

щего 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.

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

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

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

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

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

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

GEOEAS). Модели симметризирующих преобразований, трендов и вариограмм, прочие параметры представляются в аналитическом и описательном виде.

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает наилучшую возможность установления оценок средних содержаний полезного компонента в подсчетных 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 (сравниваться) результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

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

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

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

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

По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом 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.

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

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

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

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

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

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождений на окружающую среду.

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

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

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

66. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические, горнотехнические и экологические условия разработки должны быть изучены по скважинам и горным выработкам с полнотой, достаточной для разработки технико-экономического обоснования решения о порядке и условиях их вовлечения в промышленное освоение, а также о проектировании строительства или реконструкции на их базе горнодобывающего производства.

Разведанные месторождения по степени изученности должны удовлетворять следующим требованиям:

обеспечена возможность квалификации запасов по категориям, соответствующим группе сложности геологического строения месторождения;

вещественный состав и технологические свойства промышленных типов и сортов полезного ископаемого изучены с детальностью, обеспечивающей получение исходных данных, достаточных для проектирования рациональной технологии их переработки с комплексным извлечением всех полезных компонентов, имеющих промышленное значение, и определения направления использования отходов производства или оптимального варианта их складирования;

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

существенном неподтверждении разведанных и утвержденных ранее запасов и (или) их 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 –  $\lambda_o$ ):

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

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

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

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

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

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

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

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

**Количественные характеристики изменчивости основных свойств оруденения**

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

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