

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

**Алмазы**

**Москва, 2007**

Разработаны Федеральным государственным учреждением «Государственная комиссия по запасам полезных ископаемых» (ФГУ ГКЗ) по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации и за счет средств федерального бюджета.

Утверждены распоряжением МПР России от 05.06.2007 г. № 37-р.

**Методические рекомендации** по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых. Алмазы.

Предназначены для работников предприятий и организаций, осуществляющих свою деятельность в сфере недропользования, независимо от их ведомственной принадлежности и форм собственности. Применение настоящих Методических рекомендаций обеспечит получение геологоразведочной информации, полнота и качество которой достаточны для принятия решений о проведении дальнейших разведочных работ или о вовлечении запасов разведанных месторождений в промышленное освоение, а также о проектировании новых или реконструкции существующих предприятий по добыче и переработке полезных ископаемых.

## I. Общие сведения

1. Настоящие Методические рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых (алмазов) (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, № 26, ст. 2669; 2006, №25,ст.2723), Классификацией запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых, утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278, и содержат рекомендации по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых.

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. Алмаз – кристаллическая модификация углерода кубической сингонии. Обладает самой высокой твердостью из всех известных природных минералов и искусственных сплавов, твердость алмаза по шкале Мооса равна 10, микротвердость 10 060 кгс/мм<sup>2</sup> (по Хрущову-Берковичу), плотность алмаза колеблется от 3,01 до 3,51 г/см<sup>3</sup>.

Показатель преломления алмаза для волн различной длины изменяется в пределах 2,42–2,71, алмаз обладает высокой дисперсией – 0,063. Блеск у монокристаллов алмаза сильный, алмазный. Характерной особенностью большинства алмазов является их люминесценция при облучении ультрафиолетовыми, рентгеновскими, катодными и гамма-лучами, а также при нагревании (термолюминесценция), сдавливании (триболюминесценция) и под влиянием разности потенциалов электрического заряда (электролюминесценция). При различном возбуждении алмазы обнаруживают разное свечение как по интенсивности, так и по спектральному составу. Это свойство используется для извлечения алмазов из руд и концентратов.

Окраска алмазов отличается большим разнообразием цветовых оттенков. Бесцветные алмазы («чистой воды», или первого цвета) очень редки, обычно наблюдается в разной степени выраженный нацвет. Встречаются кристаллы и ясно окрашенные в желтый, зеленый, серый, коричневый или черный цвет; очень редки голубые и розовые алмазы. На некоторых месторождениях поверхность многих кристаллов пигментирована зелеными пятнами.

В природе алмаз встречается преимущественно в виде отдельных хорошо образованных плоскогранных или кривогранных кристаллов (монокристаллов) октаэдрической, ромбододекаэдрической, кубической формы, реже в виде кристаллических агрегатов. Среди кристаллических агрегатов обычно выделяются три разновидности: борт, баллас и карбонадо. К борту минералоги относят неправильной формы сростки мелких кристалликов и плохо ограненных зерен алмазов; в технике бортом называются непрозрачные и полупрозрачные плохо образованные кристаллы.

Балласом чаще всего называют шаровидные радиально-лучистые сферолиты. К карбонадо относятся плотные, тонко- и скрытокристаллические агрегаты алмаза. Размер зерен обычно от микроскопического до 1–2 см, масса большинства кристаллов не превышает 1–2 кар. (1 кар. равен 200 мг), редкие камни достигают сотен кар и более (крупнейший в мире алмаз «Куллинан» из трубки Премьер имел размер около 10 см., массу 3106 кар. – более 620 г).

Алмаз обладает высокой теплопроводностью и обычно низкой электропроводностью (диэлектрик), принадлежит к числу гидрофобных минералов, прилипает к некоторым жирам, что используется для извлечения алмазов из руд.

В соответствии с физической классификацией алмазы подразделяются на два типа: тип I (азотные) и тип II (безазотные) с подтипами IIa (безазотные, диэлектрики) и IIb (безазотные, полупроводники). Отдельные разновидности алмазов (IIa и IIb) обладают фотопроводимостью; встречаются кристаллы, которые могут использоваться в кристаллических счетчиках (детекторы, дозиметры).

Алмаз химически стоек, не растворяется в кислотах и растворах солей; подвергается окислительному растворению в расплавах селитры, соды при доступе воздуха, паров воды, углекислого газа, оксида углерода и других окисляющих реагентов при температуре свыше 600–700 °С; на воздухе при температуре 850–1000 °С сгорает с образованием CO<sub>2</sub>; при 1885±5 °С без доступа воздуха происходит быстрая графитизация алмаза по всему объему (полиморфный переход).

Алмаз широко применяется в промышленности в качестве абразивного материала, алмазных волокон, для армирования режущих инструментов, в измерительных приборах (твердомерах) и др. Благодаря полупроводниковым свойствам используется в электронных измерительных приборах, способных работать при высоких температурах, в активных химических средах и т. д. Ведущая роль алмазов – в производстве ювелирных изделий; на технические цели используют алмазы, непригодные для этой цели: микрокристаллы (менее 1,2 мм), агрегаты, обломки с большим количеством дефектов, включений и др.

С 1999 годом в России действует новая классификация алмазного сырья, учитывающая степень пригодности алмазов (ювелирные, околоювелирные и технические) для изготовления бриллиантов определенного сортамента и ценности.

Параметры новой классификации установлены по ГОСТ Р 51519.1–99 «Алмазы природные необработанные. Классификация. Основные признаки» и по ГОСТ Р 51519.2–99 «Алмазы природные необработанные. Сортировка алмазов. Основные положения».

Основными классификационными признаками являются: размерность; форма, степень искажения формы и характер поверхности граней; дефектность (качество), т.е. интенсивность проявления и размер включений, трещин и сколов в кристалле; цвет.

По ведущему признаку – размерности (табл. 1) алмазы подразделяются двумя способами: алмазы массой менее 0,45 кар – по условно-ситовым классам (у.с.к.), 0,45 кар. и более – по весовым классам. Рассев алмазов менее 0,45 кар. осуществляется на ситах с круглыми отверстиями, калиброванными в соответствии с практикой отсева драгоценных камней. Каждое сито в зависимости от диаметра отверстий имеет свой номер – от № 1 (диаметр отверстий 1,092 мм) до № 11 (диаметр отверстий 3,454 мм), и у.с.к. именуется по номерам верхнего и нижнего сит: –1+0,5; –2+1; –3+2... –12+11. При разделении алмазов массой 0,45 кар. и более выделяются весовые интервалы: 2 грейнера (0,45–0,65 кар.), 3 грейнера (0,65–0,90 кар.) и далее до 10 грейнеров (2,50–2,80 кар.). Классификация более крупных кристаллов ведется по весовым классам с интервалом в 1

кар. Кристаллы массой более 10,8 кар. считаются алмазами специального размера и учитываются по отдельности.

В зависимости от размерности алмазы проходят дальнейшую классификацию (сортировку) по форме, качеству и цвету. Наиболее грубой является классификация алмазов условно-ситового класса –3, которые относятся к категории пригодных только для технических целей. Соответственно они классифицируются по упрощенной схеме: кристаллы, обломки, сростки и агрегаты. Алмазы у.с.к. –7+3 сортируются по более сложной системе с укрупненным выделением алмазов ювелирного, околоювелирного и технического рядов. Следующая граница усложнения классификации – ситовый размер +9, далее 4–6 грейнеров и +1,8 кар. Алмазы размером более 1,8 кар. как наиболее ценные, сортируются наиболее детально. Только по цветности здесь насчитывается 16 групп, по форме кристаллов – 6 групп, столько же групп по качеству (величине и расположению включений и трещин). Всего в действующей классификации насчитывается более 16 000 позиций сортности алмазов, из них около  $\frac{3}{4}$  приходится на размерность 4–6 грейнеров и более.

Размерные границы, по которым происходит наращивание классификационных признаков алмазов, являются также определенными ценовыми порогами, по которым скачкообразно растут цены алмазов по размерно-весовым группам. Это также видно по таблице 1, где в графе 6 приведены ориентировочные средние цены алмазов по классам крупности. Алмазы класса –3 (алмазы технического назначения) оцениваются в 0,07–0,90 дол./кар.; для следующей группы – у.с.к. –7+3 – интервал оценок уже 5,40–14 дол./кар.; у.с.к. –12+7 – 23–34 дол./кар.; 2–3 грейнера – 46 – 73 дол./кар. Средние цены алмазов весовых позиций 4–6 грейнеров, +1,8 кар. и +10,8 кар. составляют соответственно 126, 388 и 473 дол./кар. Внутри размерно-весовых классов алмазы оцениваются также с большим разбросом цен по категориям формы, качества и цвета, однако средние цены алмазов по классам размерности для каждого месторождения характеризуются относительной устойчивостью, сохраняя при этом присущую месторождению индивидуальность.

4. Основным коренным источником алмазов, представляющим промышленный интерес, являются кимберлиты и лампроиты – щелочно-ультраосновые породы древних платформ, образующие преимущественно трубообразные тела, дайки и жилы, реже силлы.

Кимберлитовые (и лампроитовые) трубки – основной промышленный тип коренных месторождений алмазов, характеризуются вертикальным и субвертикальным залеганием, склонением к центру, реже – флангу. Вблизи земной поверхности (100–300 м) диатремы часто имеют воронкообразный раструб, углы падения – от пологих (25–50°) вверху раструба до крутых внизу, в канале диатремы. Слабо эродированные трубообразные тела нередко венчаются кратером, заполненным туфогенно-осадочными образованиями, туффиты и грубозернистые разности которых иногда могут иметь промышленную значимость. Контакты трубок с вмещающими породами чаще четкие, реже постепенные через зоны дробления последних, мощностью до 1–5 м, редко более. С глубиной трубообразные тела сужаются, меняют форму и на глубине (редко около 100–200 м, обычно 1000 м и более) выклиниваются, переходят в дайки с раздувами.

Таблица 1

## Соотношение размерностей алмазов в различных системах измерения

Группы размерности DTC (CSO)				Средняя масса кристалла алмаза, кар	Условная цена алмазов, дол./кар,	Плетенные сита			Размерность ТУ 47-12-88, шт/кар	
Размерно-весовые группы		Условный ситовый класс (размер)				ASTM E 11:81, дюйм; меш	ASTM E 11:81, мм; МКМ	ТУ 47-12-88		
обозначение	масса, кар	обозначение	диаметр отверстия сита, мм							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
+10,8 ct	10,8 и более	+29	14,090	13,380	473	0,530"	13,2 мм	+8		
10 ct	9,80–10,79									
9 ct	8,80–9,79	–29+23	10,312	8,500	7/16"	11,2 мм				
8 ct	7,80–8,79			8,036						
7 ct	6,80–7,79	–23+21	7,925	5,293	388	5/16"	8,00 мм			
6 ct	5,80–6,79									
5 ct	4,80–5,79									
4 ct	3,80–4,79									3,691
3 ct	2,80–3,79	–21+19	6,350	3,247	0,265"	7,09 мм	6,70 мм			–8+6,7
10 gr	2,50–2,79			2,800		6,35 мм				
8 gr (1,8 ct)	1,80–2,49	–19+17	5,740	1,918	3,5	5,60 мм	–6,7+4,7			
6 gr	1,40–1,79			1,423						
5 gr	1,20–1,39	–17+15	5,410	1,258	126	4,699 мм	4,7+4,0			
				1,221				4,62 мм		
4 gr	0,90–1,19	–15+13	4,521	1,195	73	4,00 мм				
3 gr	0,66–0,89			0,784		3,85 мм				
2 gr	0,45–0,65	–13+12	4,089	0,703	46	3,42 мм	–4,0+3,3			
		–12+11	3,454	0,481		3,35 мм				
–11+9	2,845				0,472	34	7	3,327 мм	–3,3+2,8	
		0,317	2,86 мм							
		0,302	2,83 мм							
		0,293	2,80 мм							
				0,1835	30	2,362 мм	–2,8+2,4	8–5		
				0,183		2,36 мм				
				0,179		2,35 мм				

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		-9+7	2,464	0,117	23				
				0,116		9	2,00 мм	-2,4+2,0	12-8
		-7+6	2,159	0,0792	14	10	1,702 мм		
							1,651 мм	-2,0+1,6	20-12
		-6+5	1,829	0,0684	12	12	1,47 мм		30-20
				0,0485			1,41 мм		
		-5+4	1,755	0,0443	8,50		1,40 мм	-1,6+1,2	50-30
				0,0434			1,19 мм		
		-4+3	1,473	0,0277	5,40	14			
				0,0256			1,15 мм		
		-3+2	1,321	0,0186	0,90	16	1,03 мм		
							1,00 мм	-1,2+1,0	60-40; 90-60
		-2+1	1,092	0,0172	0,30	20	850		90-60; 120-90
				0,0108			820	-1,0+0,8	
				0,01057		24	710	-0,8+0,7	150-120; 200-150
		-1+5		0,00668	0,14	28	600	-0,7+0,6	400-200
				0,00401					
				0,00254		32	500	-0,6+0,5	600- 400
				0,001572	0,07	35	425	-0,5+0,4	800- 600
		-5		0,000822		48	300		

По форме горизонтального сечения выделяются трубки простые (округлые, овальные) одноканальные, сложные (грушевидные, гантелевидные) одно-двухканальные и очень сложные (линзовидные с раздувами или неправильной формы) с двумя-тремя каналами.

Диаметр трубок на поверхности колеблется обычно от 50–100 м до 1,5 км (Мвадуи, Танзания), площадь горизонтального сечения – от 0,5–1 до 150 га (Камафука-Камазамбо, Ангола). Большинство трубок – малого и среднего размера (1–5 га), крупные и весьма крупные (обычно около 25 га и более) редки, но являются основными по запасам и ценности алмазов.

Внутреннее строение большинства кимберлитовых и лампроитовых трубок сложное, обусловлено многофазностью их формирования. Каждой фазе внедрения в диатреме отвечает своя разновидность пород\* (эксплозивные кимберлитовые брекчии, туфобрекчии, интрузивные порфиоровые, массивные кимберлиты и др.), существенно или незначительно отличающихся структурно-текстурными особенностями, вещественным составом и (или) содержанием, качеством алмазов. В пределах одной разновидности руд содержание и крупность алмазов относительно стабильные, в пределах всей трубки они могут меняться со сменой руд в плане и на глубине, возможны отдельные участки (столбы, линзы) некондиционных руд. Разновидности кимберлитовых пород разных фаз внедрения образуют в трубках чаще крутопадающие рудные столбы, линзы, жильные и неправильной формы инъекции. Контакты между разновидностями кимберлитовых пород четкие, резкие или постепенные, через переходные зоны смешения руд близких фаз внедрения.

Кимберлитовые и лампроитовые породы содержат (1–50 %, редко больше) ксенолиты вмещающих пород размером от долей миллиметра до крупных глыб, иногда

\* Унифицированной терминологии и общепринятой классификации пород нет.

блоков вмещающих пород, имеющих в поперечнике 100 м и более – так называемые плавающие рифы, существенно разубоживающие кимберлитовые руды.

Кимберлитовые дайки и силы как промышленные месторождения встречаются редко за рубежом, в России пока не известны.

Кимберлитовые дайки и серии крутопадающих даек длиной обычно от 1–3 до 5 км, мощностью – от 1–3 до 30–180 м в раздувах разрабатывались в ЮАР. Содержание алмазов в них колеблется от низкого до высокого, размеры кристаллов – от средних до крупных, крупность, качество и выход ювелирных камней чаще более высокие, запасы алмазов обычно незначительные: несколько тысяч – десятки тысяч кар, редко около 1 млн. кар.

Кимберлитовые силлы. Силл Весселтон Флорс (ЮАР) размером 300×180 м, мощностью около 40 м из-за слабой алмазоносности разрабатывался только вдоль выходов в очень выветрелых рудах. Многоярусные пологозалегающие (угол 5–10°) кимберлитовые силлы мощностью на выходах 0,5–4 м известны в долине р. Кабрадо-Гранде (Венесуэла). Опробование их кор выветривания показало местами в так называемых каналах, поперечных общему простиранию силлов, высокое (до 1,5 кар/т) содержание алмазов, но преимущественно мелкие (1 – 2 мм) их размеры, изобилие микроалмазов. Ювелирных алмазов менее 20 %.

Алмазы в кимберлитовых, лампроитовых породах образуют крайне редкую неравномерную, местами одиночную гнездовую, вкрапленность; в подавляющем большинстве тел алмазы отсутствуют или имеют убогие содержания, возрастающие в продуктах кор выветривания. Промышленные содержания относительно низкие (0,000 002–0,0002 % по массе), колеблются в зависимости от крупности и сортности (стоимости) алмазов обычно от 0,1–0,3 до 1–3 кар/т, редко больше. Месторождения с низким содержанием разрабатывают при преобладании крупных ювелирных камней и цене 1 кар 100 дол. США и более.

Крупность, ситовый состав алмазов месторождений, разновидностей руд могут быть близкие или существенно различные. Основная масса (около 85–90 %) алмазов обычно сосредоточена в трех классах крупности в сочетаниях:

- при преобладании в рудах мелких алмазов: классы –1+0,5, –2+1 и –4+2 мм;
- при преобладании алмазов средней крупности: классы –2+1, –4+2 и –8+4 мм;
- при преобладании в рудах крупных алмазов: классы –4+2, –8+4, и +8 мм.

Распределение алмазов по крупности характеризуется сильной положительной асимметрией, крупные камни редки, но составляют основную ценность. Оценки средней массы зерен обычно занижены. Фактическая средняя масса преобладающих по форме зерен алмаза по ситовым классам крупности обычно следующая:

Ситовый класс крупности, мм	–0,5+0,25	–1+0,5	–2+1	–4+2	–8+4	–16+8
Средняя масса зерен, мг:						
октаэдры	0,14	0,8–0,9	5,5–6	35–40	220–240	1500–2000
ромбододекаэдры	0,18	1–1,1	6,5–7	45–50	270–290	>2000

Более низкие оценки – свидетельство недостаточной представительности опробования.

Минимальный размер алмазов кимберлитов обосновывается экономическим расчетом. В мировой практике обычно рентабельно извлечение алмазов >3 у.с.к (1,2 мм), редко больш.



Промышленное значение месторождения определяется не только содержанием, крупностью алмазов, но и их сортностью, долей ювелирных камней и др.

Качество алмазов в пределах однородного месторождения (участка, рудного столба) достаточно стабильное, при смене разновидности руд может (не всегда) меняться, но обычно незначительно в сравнении с вариациями и содержаниями алмазов и сопоставимо с изменчивостью крупности кристаллов.

Доля ювелирных камней в коренных месторождениях алмазов колеблется в широких пределах: от 2–5 % (Дизеле в Заире и Аргайл в Австралии) до 70 % (Маджгаван в Индии), составляя в большинстве месторождений 15–30 % массы всех алмазов, в меньшинстве – 30–50 % и в редких, как правило, бедных алмазами месторождениях – около 60 % и более.

Выход ювелирных камней в месторождениях различный, но в пределах одного месторождения (участка) с относительно близким гранулометрическим составом алмазов обычно подобный, что позволяет использовать оценку стоимости 1 кар в основной разновидности руд для месторождения в целом. Распределение алмазов по стоимости характеризуется сильной положительной асимметрией, высокоценные камни редки и фиксируются только в крупных (тысячи кар) партиях алмазов и оценки стоимости 1 кар особенно по керновым, пробам занижаются (до 30 %) относительно данных добычи.

Стоимость (цена) 1 кар. алмазов устанавливается с учетом преysкурантных цен на алмазы различных категорий, групп и подгрупп. Преysкуранты ежегодно меняются, поэтому месторождения могут переоцениваться как по запасам алмазов, так и по их стоимости. От достоверности определения содержания ювелирных камней и средней цены 1 кар. в большой мере зависит достоверность оценки промышленной значимости месторождения.

5. Разрабатываемые в России и за рубежом кимберлитовые, лампроитовые породы представляют собой один промышленный (технологический) тип алмазосодержащих руд, что позволяет применять практически одну технологическую схему обогащения руд и извлечения алмазов. Вместе с тем разновидности кимберлитовых, лампроитовых пород могут значительно различаться по вещественному составу и физико-механическим свойствам, содержанию, ситовому составу и физическим свойствам алмазов, составу и выходу минералов тяжелой фракции. Тяжелая фракция в коренных месторождениях алмазов представлена оливином (до 3,5 %), магнетитом (до 3 %), сульфидами (до 5 %), пикроильменитом (0,001–0,8 %), пиропом (0,01–0,5 %), а также хромшпинелью, хромдиоксидом, апатитом, цирконом; общий выход тяжелой фракции колеблется от 0,1 до 7–8 % и в среднем составляет 2–4 %.

При технологической сортификации руд обычно учитываются следующие признаки: измельчаемость, дробимость, объемная масса (объемная масса кимберлитов меняется в пределах 2,0–2,7 т/м<sup>3</sup>), прочность на сжатие (временное сопротивление сжатию 9,8–78,4 МПа), выход минералов тяжелой фракции, степень вторичных изменений, комплексность – наличие попутных полезных компонентов. Среди попутных компонентов алмазосодержащих кимберлитовых пород могут представлять промышленный интерес в качестве ювелирного сырья прозрачные разновидности оливина (хризолит), пироп и циркона. Рентабельность и целесообразность их попутной добычи оценивается специально для каждого месторождения. На известных разрабатываемых в России и за рубежом коренных месторождениях алмазов кимберлитового и лампроитового типов извлечение полудрагоценных камней (хризолит, пироп, циркон) не рентабельно из-за их низкого качества (мелких размеров, трещиноватости,

дефектности) и высокой трудоемкости их выделения из концентрата. Из кимберлитов они нигде не извлекаются, и только в случае появления новых алмазоносных руд с высокоценными пиропами, хризолитами, цирконами может рассматриваться вопрос о рентабельности их извлечения. Эти камни должны соответствовать требованиям технических условий ТУ 41-07-060–90 «Камни-самоцветы природные в сырье». Основные параметры классификации камней учитывают наличие и размеры бездефектной области, ее цвет, интенсивность и выход.

Отмеченные различия в составе и физико-механических свойствах кимберлитов влияют на выбор рационального режима операций обогащения руд и должны учитываться при выделении технологических сортов руд.

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

6. По размерам, форме кимберлитовых тел и их изменчивости в пространстве, особенностям внутреннего строения и характеру распределения алмазов коренные месторождения соответствуют 2-й и 3-й группам «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278

К 2-й группе относятся месторождения (участки) сложного геологического строения, представленные:

весьма крупными, крупными и средними по размерам кимберлитовыми трубками простой или сложной формы, неоднородного внутреннего строения, относительно выдержанными и невыдержанными по ситовому составу и/или содержанию алмазов (Мир, Удачная, им. В. Гриба и др.);

весьма крупными, крупными и средними по размерам кимберлитовыми трубками сложной и очень сложной формы, неоднородного и весьма неоднородного внутреннего строения, с невыдержанной и весьма невыдержанной алмазоносностью, наличием столбов, линз или блоков бедных и некондиционных руд (Айхал в раструбе, Сытыканская, Юбилейная в раструбе).

К 3-й группе относятся месторождения (участки) сложного и очень сложного геологического строения, представленные:

средними по размерам кимберлитовыми трубками, очень сложными по форме и/или внутреннему строению, с невыдержанной алмазоносностью, а также участками кратеров и мелкими трубками или промышленными рудными столбами среди бедных руд трубок (Айхал, Юбилейная на глубине, Интернациональная на глубине, рудный столб в Зарнице, кратер трубки им. В. Гриба);

кимберлитовыми телами сложного внутреннего строения, с низким содержанием, но крупными высокоценными ювелирными алмазами (трубки Маджгаван в Индии и Летсенг-ла-Терае в Лесото).

К 4-й группе относятся месторождения, представленные мелкими дайками, жилами с раздувами, пластовыми телами, сопровождающими трубки, а также отдельные очень мелкие (выклинивающиеся на глубине до 100 м) трубки или рудные столбы, линзы. Они, как правило, не имеют самостоятельного промышленного значения и пригодны лишь для попутной отработки действующими предприятиями.

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

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

8. По разведанному месторождению необходимо иметь топографическую основу, масштаб которой соответствовал бы его размерам, особенностям геологического строения и рельефу местности. Топографические карты и планы на коренных месторождениях алмазов обычно составляются в масштабах 1:500–1:2000, Все разведочные и эксплуатационные выработки (канавы, шурфы, шахты, штольни, скважины), профили детальных геофизических наблюдений, а также естественные обнажения рудных тел должны быть инструментально привязаны. Подземные горные выработки и скважины наносятся на планы по данным маркшейдерской съемки. Маркшейдерские планы горизонтов горных работ обычно составляются в масштабах 1:200–1:500; сводные планы – в масштабе не мельче 1:1000, Для скважин должны быть вычислены координаты точек пересечения ими границ кратера, основных разновидностей кимберлитовых пород диатремы (входа и выхода) и построены проложения их стволов на плоскости планов и разрезов.

9. Геологическое строение месторождения должно быть детально изучено и отображено на геологической карте масштаба 1:500–1:2000 (в зависимости от размеров и сложности месторождения), геологических разрезах, погоризонтных планах, проекциях, а в необходимых случаях – на блок-диаграммах и моделях. Геологические и геофизические материалы по месторождению должны давать представление о размерах и форме рудных тел, условиях их залегания, внутреннем строении и сплошности, характере выклинивания кимберлитовых тел и слагающих их рудных столбов и линз, взаимоотношениях их между собой и с вмещающими породами, особенностях изменения вмещающих пород, их структуры, тектонической нарушенности в степени, достаточной для обоснования подсчета запасов. Следует также обосновать геологические границы месторождения в плане и на глубину, критерии, определяющие местоположение перспективных участков (рудных столбов, линз), в пределах которых оценены прогнозные ресурсы категории  $P_1^*$ .

При оценке на безрудность площадей, примыкающих к коренным месторождениям (особенно погребенным), обязательно исследование перспектив не только коренной, но и россыпной алмазоносности.

10. Выходы на поверхность рудных тел, кор их выветривания и приповерхностные части алмазоносных туфогенно-осадочных пород кратера должны быть изучены горными выработками и неглубокими скважинами с применением геофизических методов и опробованы с детальностью, позволяющей установить их морфологию, условия залегания, состав, глубину развития зоны выветривания, особенности изменения вещественного состава, технологических свойств, алмазоносности руд и провести

---

\* По району месторождения и рудному полю представляются геологическая карта и карта полезных ископаемых в масштабе 1:10 000–1:50 000 с соответствующими разрезами. Указанные материалы должны отражать геологическое строение алмазоносного района, положение основных геологических структур, контролирующих размещение кимберлитовых тел, месторождений и рудопроявлений других полезных ископаемых района, а также участков, на которых оценены прогнозные ресурсы полезных ископаемых.

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.

подсчет запасов отдельно по разновидностям кимберлитовых и туфогенно-осадочных пород диатремы и кратера.

11. Разведка коренных месторождений алмазов на глубину проводится скважинами и горными выработками с применением геофизических методов исследований, рациональный комплекс которых определяется исходя из конкретных геолого-геофизических условий.

Методика разведки – соотношение объемов горных работ и бурения, виды горных выработок, способы и диаметры бурения, геометрия и плотность разведочной сети, методы и способы опробования – должна обеспечивать возможность подсчета запасов на разведанных месторождениях по категориям, соответствующим группе месторождений по сложности его геологического строения. Она определяется исходя из геологических особенностей рудных тел, уровня и изменчивости содержания, крупности алмазов (табл. 2) и с учетом возможностей горных, буровых и геофизических средств разведки, а также опыта разведки и разработки месторождений аналогичного типа.

При выборе технических средств разведки, методов и способов опробования следует учитывать редкую встречаемость (вкрапленность) алмазов, их хрупкость (раскалываются при ударе) и поэтому предпочтительно использовать валовые пробы или керновые пробы большего диаметра, при необходимости опробовать буровой шлам, ограничивать применение ударного бурения сплошным забоем, а при обогащении руд использовать щадящий режим их дробления.

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

12. По скважинам колонкового бурения должен быть получен максимальный выход керна хорошей сохранности в объеме, позволяющем выяснить с необходимой полнотой особенности залегания рудных тел и вмещающих пород, внутреннее строение рудных тел, характер околорудных изменений, границы природных разновидностей руд, их текстуры, структуры и обеспечить представительность материала для опробования.

Выход керна в пределах кимберлитовых тел должен быть не менее 70 % по каждому интервалу опробования. Достоверность определения линейного выхода керна необходимо систематически контролировать весовым или объемным способом, систематически замерять и документировать диаметр керна.

Величина представительного выхода керна для определения содержания алмазов и границ рудных тел должна быть подтверждена исследованиями возможности выкрашивания алмазов, существенного перехода их в буровой шлам, особенно в хрупких, интенсивно трещиноватых разновидностях руд. Для этого необходимо по основным разновидностям руд сопоставить результаты опробования керна и шлама, а также оценки среднего содержания алмазов по группам проб с разным (менее и более 70 %) выходом керна. Основная причина недостаточной представительности керновых проб – их малый объем, не обеспечивающий фиксации относительно редких крупных алмазов, что приводит к существенному занижению оценок содержания алмазов, особенно на глубоких горизонтах месторождений в связи с систематическим уменьшением диаметра бурения скважин.

Для установления погрешности оценки содержания алмазов по малым пробам керна результаты кернового опробования сопоставляются с данными опробования контрольных горных выработок, скважин большого диаметра. В случаях низкого выхода керна следует применять другие технические средства разведки. При

существенном занижении содержания по керновым пробам необходимо обосновать величину поправочного коэффициента к результатам кернового опробования на основе данных, полученных в контрольных выработках: по валовым пробам шурфов, подземных горных выработок, шурфо-скважин и/или пробам керна колонковых скважинах увеличенного (171–230 мм) по сравнению с рядовым (110–132 мм) диаметра. Надежность поправочного коэффициента может быть дополнительно обоснована теоретическим расчетом ожидаемого содержания крупных алмазов на основе установленной зависимости между содержанием и размерностью алмазов в кимберлитовых рудах (приложение 1 к настоящим Методическим рекомендациям).

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 уточнения контактов рудных тел с вмещающими, перекрывающими породами, зон дробления, выделения границ природных разновидностей и технологических сортов руд диатремы и кратера, должен выполняться во всех скважинах, пробуренных на месторождении и за его пределами для решения других геологических задач (межскважинное просвечивание для исследований на безрудность, поисков и оконтуривания рудных тел и др.).

В вертикальных скважинах глубиной более 100 м и во всех наклонных, включая подземные, не менее 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 координат точек пересечения скважинами контактов кимберлитового тела. При наличии подсечений стволов скважин горными выработками результаты замеров проверяются данными маркшейдерской привязки. Для скважин необходимо обеспечить пересечение ими рудных тел под углами не менее  $30^\circ$ .

Для пересечения крутопадающих рудных тел под большими (более  $30^\circ$ ) углами целесообразно применять искусственное искривление скважин, сопровождая его частыми замерами углов. С целью повышения эффективности разведки следует осуществлять бурение многозабойных скважин, а при наличии горизонтов горных работ – вееров подземных скважин. Бурение по руде целесообразно производить одним или близким диаметром, оконтуривающие скважины по возможности задавать со стороны рудного тела.

13. Горные выработки являются одним из основных средств детального изучения условий залегания, морфологии, размеров, внутреннего строения рудных тел, границ и вещественного состава разновидностей руд, их валового опробования на верхних горизонтах месторождения, а также предназначены для контроля данных бурения и опробования скважин, геофизических исследований, отбора технологических проб и наработки партии алмазов, достаточной для определения их ситового состава, промышленной сортификации и стоимостной оценки.

На месторождениях с крупными высокоценными алмазами из-за низкого их содержания наличие и содержание крупных камней по данным опробования керна скважин надежно не устанавливаются, вследствие этого необходимо применение горных выработок или шурфо-скважин диаметром ~1,2–2 м для рядового валового опробования, обеспечивающего удовлетворительную оценку содержания, ситового

состава алмазов и изменчивости их распределения в пределах разновидностей руд и месторождения в целом.

Изменчивость оруденения на верхних горизонтах месторождений должна быть изучена в достаточном объеме и равномерно по площади: для трубчатых тел и силлов – пересечениями шурфами, шурфо-шахтами, шурфо-скважинами или подземными горными выработками (штреками, ортами) и горизонтальными скважинами, для дайкообразных, жильных тел – непрерывным или пунктирным прослеживанием по простиранию траншеями с секционным валовым опробованием.

Важнейшие назначения горных выработок – выяснение возможности и эффективности использования скважинного опробования для оценки алмазности месторождения, слагающих его разновидностей руд и наработка из основных разновидностей руд партий алмазов, достаточных для надежной оценки средней стоимости 1 кар алмазов по ним и месторождению в целом.

Эффективность кернового опробования выясняется прямым сопоставлением содержаний алмазов разной крупности по сопряженным пробам колонковых скважин и горных выработок (шурфо-скважин) и/или косвенно, путем сопоставления средних оценок ситового состава и содержания алмазов по участкам детализации в основных разновидностях руд. При этом количество пар сопряженных проб (валовая – керновая) или равномерно расположенных шурфов (шурфо-скважин) и скважин на участках детализации должно быть не менее 15–20.

14. Горные выработки следует проходить на участках детализации, а также на горизонтах месторождения, намеченных к первоочередной отработке. Расположение разведочных выработок и расстояния между ними в системе горизонтальных и вертикальных сечений должны быть определены для каждого структурно-морфологического типа рудных тел с учетом их размеров, особенностей геологического строения, ситового состава и характера распределения алмазов.

Приведенные в таблице 2 обобщенные сведения о плотности сетей выработок, применявшихся при разведке месторождений алмазов в кимберлитовых трубках России и отчасти за рубежом, рекомендуется учитывать 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.

Таблица 2

Группа месторождений	Характеристика рудных тел	Виды выработок	Расстояние (в м) между выработками для категорий запасов			
			В		С <sub>1</sub>	
			по длинной оси	по короткой оси	по длинной оси	по короткой оси
2-я	Весьма крупные и крупные по размерам кимберлитовые трубки простой или сложной формы, неоднородного строения, относительно выдержанные или невыдержанные по алмазонасности	Горные выработки в сочетании со скважинами	80–120	40–80	120–160	60–80
		Скважины с контрольными горными выработками	60–80	40–60	80–160	60–120
	Средние по размерам трубки простой формы, неоднородного внутреннего строения, относительно выдержанные по алмазонасности	Горные выработки в сочетании со скважинами	40–80	30–60	60–120	40–80
		Скважины с контрольными горными выработками	40–60	15–30	40–80	30–60
	Весьма крупные и крупные трубки, сложные по форме и внутреннему строению, весьма невыдержанные по алмазонасности, имеющие бедные рудные столбы, и средние трубки сложной формы, невыдержанные по алмазонасности	Горные выработки в сочетании со скважинами	60–80	40–60	80–120	60–80
		Скважины с контрольными горными выработками	40–60	30–40	60–80	40–60
3-я*	Средние по размерам, сложные по форме и внутреннему строению, невыдержанные по алмазонасности или мелкие по размеру трубки	Горные выработки в сочетании со скважинами	–	–	40–80	30–40
		Скважины с контрольными горными выработками	–	–	30–40	20–30
	Кимберлитовые тела с низким содержанием, но крупными высокоценными ювелирными алмазами. <sup>2)</sup>	Горные выработки сечением более 4 м <sup>2</sup> (шурфы, шахты, штреки, орты)	–	–	40–80	30–60
		Шурфо-скважины	–	–	40	30

\* По месторождениям 3-й группы данных для обобщения недостаточно, отчасти использованы расчеты, \*\* России не известны, учтен зарубежный опыт,  
Примечание: На **оцененных месторождениях** разведочная сеть для категории С<sub>2</sub> разрежается относительно – С<sub>1</sub> в 2–4 раза в зависимости от сложности месторождения.

Месторождения 2-й группы с высоким содержанием при преобладании мелких (–2 мм) алмазов могут быть разведаны по высоким категориям запасов буровыми скважинами с минимумом контрольных горных выработок, при преобладании средних (–4+2 мм) алмазов – горными выработками и/или скважинами с контрольным валовым опробованием а при наличии крупных высокоценных камней – преимущественно горными выработками, шурфо-скважинами. Весьма крупные и крупные трубки подразделяются на тела, сложенные относительно выдержанными по алмазности рудами и весьма невыдержанными; последние нуждаются в более сгущенной разведочной сети, позволяющей осуществить раздельную оценку основных разновидностей руд.

Расстояние между горизонтальными разведочными сечениями зависит от условий залегания кимберлитовых тел, их морфологии, размеров, изменчивости внутреннего строения и алмазности.

Для обеспечения квалификации запасов по категории В первый от поверхности трубки горизонт горных выработок и скважин (шурфо-скважин) располагается обычно на глубине 50–100 м; последующие горизонты для подсчета запасов категории С<sub>1</sub> по данным скважин колонкового бурения отстраиваются через 60–100 м, а на глубоких горизонтах для обеспечения запасов категорий С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub> – через 100–200 м.

Необходимое минимальное количество вскрытых скважинами контактов трубки в горизонтальном сечении прямо зависит от площади и сложности контура рудного тела и ориентировочно составляет: для изометричных и овальных в поперечном сечении трубок 8–12 (блоки категории В) и 4–8 (блоки категории С<sub>1</sub>), для линзовидных и неправильной формы трубок соответственно 12–16 и 8–12. Таким же образом внутри трубок оконтуриваются относительно крупные рудные столбы (линзы, блоки), существенно различающиеся по алмазности, содержанию и/или гранулярному составу алмазов.

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

При использовании интерполяционных методов (геостатистических и др.) подсчета запасов на участках детализации необходимо обеспечить плотность разведочных пересечений (и/или величину проб), достаточную для проявления взаимосвязи в показаниях соседних проб и обоснования оптимальных интерполяционных формул.

Расположение участков детализации должно отражать особенности залегания, форму рудных тел и положение разновидностей кимберлитовых пород, составляющих основные запасы, а также качество руд (стоимость алмазов) месторождения. 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, вещественного состава, алмазности руд или горно-геологическим условиям, должны быть детально изучены также участки, удовлетворяющие этому требованию.



Число и размеры участков детализации на месторождениях определяются в каждом отдельном случае недропользователем.

Полученная на участках детализации геологическая информация используется для подтверждения группы сложности месторождения, установления соответствия принятой методики и выбранных технических средств разведки особенностям его геологического строения, для оценки достоверности результатов опробования и подсчетных параметров, принятых при подсчете запасов на остальной части месторождения, а также условий разработки месторождения в целом. На разрабатываемых месторождениях для этих целей используются результаты эксплуатационной разведки и разработки, в частности, по ним вводятся поправочные коэффициенты к оценкам блочных содержаний по керновым пробам, учитывающие недоизвлечение малыми пробами керна относительно крупных алмазов в их природной доле.

На участках месторождений (кратеры, зоны «плавающих рифов» и др.), оценка запасов которых производится без геометризации конкретных рудных тел, а в обобщенном контуре с использованием коэффициентов рудоносности, должна быть оценена возможность их селективной выемки на основании определения пространственного положения, типичных форм, размеров и особенностей вещественного состава кондиционных руд.

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

Полнота и качество первичной документации, соответствие ее геологическим особенностям месторождения, правильность определения пространственного положения структурных элементов, составления зарисовок и их описаний должны систематически контролироваться сличением с натурой компетентными комиссиями. Следует также оценивать качество опробования (выдержанность длины, 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.

17. Для изучения алмазонасности месторождения, слагающих его разновидностей кимберлитовых пород, оконтуривания промышленных руд и подсчета запасов все рудные интервалы, вскрытые разведочными выработками или установленные в естественных обнажениях, должны быть опробованы. Раздельно опробуются зоны приконтактных брекчий и «плавающих рифов» вмещающих пород, а также коры выветривания кимберлитовых пород.

18. Выбор способов опробования производится на ранних стадиях оценочных и разведочных работ, исходя из конкретных геологических особенностей и параметров алмазонасности месторождения с учетом известных аналогов по уровню содержаний, ситовому составу и сортности (стоимости) алмазов, и уточняется в процессе дальнейшей детальной разведки.

Крупные валовые пробы используются для рядового, контрольного опробования и оценки стоимости алмазов, малые керновые пробы – для рядового опробования, оценки содержания алмазов доминирующих классов крупности; в малых керновых пробах содержание крупных (+4 мм) алмазов обычно занижается и при необходимости может

быть уточнено введением поправочных коэффициентов по данным валового опробования или добычи.

Принятый способ опробования должен обеспечить необходимую достоверность (точность) результатов при достаточной производительности и экономичности. В случае применения нескольких способов опробования их необходимо сопоставить по точности результатов, руководствуясь соответствующими методическими документами. При возможности уточнения границ рудных интервалов в кратере или разновидностей руд в диаметре по результатам каротажа скважин, его данные могут использоваться для выбора интервалов отбора проб.

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

сеть опробования должна быть выдержанной, плотность ее определяется геологическими особенностями изучаемых участков месторождения, а для малых проб керна также необходимой суммарной массой опробования блока, и обычно устанавливается исходя из опыта разведки месторождений-аналогов, а на новых объектах – экспериментально и аналитическими расчетами. В случае пересечения рудных тел разведочными выработками (в особенности скважинами) под острым углом, например, вдоль зоны эндоконтактовых брекчий, когда возможно нарушение представительности опробования, должна быть доказана возможность использования в подсчете запасов результатов опробования всех этих сечений (проб);

масса проб должна быть представительной для решения поставленных задач опробования: рядовая керна проба должна обеспечить оценку содержания алмазов доминирующих классов крупности, а их совокупность – оценку среднего содержания и ситового состава алмазов месторождения (участка) с допустимой погрешностью; валовая проба должна обеспечить надежную оценку содержания, гранулометрического состава алмазов, а их совокупность – стоимости 1 кар.; масса пробы и суммарная масса опробования блока должны быть обоснованы данными по месторождениям-аналогам и расчетами;

опробование следует проводить непрерывно на полную мощность рудного тела с выходом во вмещающие породы и секционным опробованием зоны дробления последних, если она имеется. Кроме коренных кимберлитовых и экзоконтактовых брекчий вмещающих пород, в контуре и за контуром кимберлитовых тел опробуются перекрывающие отложения – как возможные россыпи алмазов;

природные разновидности руд, слагающие месторождение, и участки их вторичного изменения (карбонатизации, сапонитизации и др.) опробуются отдельно – секциями; длина каждой секции (рядовой пробы) определяется внутренним строением рудного тела, изменчивостью вещественного состава, текстурно-структурных особенностей, физико-механических и других свойств руд, а в скважинах – обычно составляет от 5 до 10 м. Длина рядовой керна пробы, принятая и апробированная на отечественных месторождениях, равна или кратна высоте эксплуатационного горизонта и колеблется от 10 до 15–20 м (последнее в относительно бедных рудах, требующих большего размера проб).

Способ отбора проб в буровых скважинах (керновый, шламовый) зависит от используемого вида и качества бурения. При колонковом бурении должен быть установлен минимально допустимый для подсчета запасов выход керна, а величина линейного выхода керна должна систематически контролироваться весовым (сравнением теоретической и фактической массы керна) или объемным способом. При этом интервалы с низким выходом, избирательным истиранием, измельчением керна

опробуются как по керну, так и отдельно по шламу, который отбирается в самостоятельную пробу с того же интервала, что и кернавая проба, обрабатывается, анализируется и учитывается.

В горных выработках или шурфо-скважинах, вскрывающих рудное тело на глубину, валовые пробы в коренных рудах отбираются непрерывно интервалами (секциями) длиной обычно 5–10 м в однородных рудах до определенной глубины; в горизонтальных подземных горных выработках валовые пробы отбираются также непрерывно, интервалами с учетом границ разновидностей руд, на одном абсолютном уровне горизонтального сечения диаметры. В горизонтальных горных выработках кроме валового опробования иногда целесообразно (для косвенного контроля данных кернавых проб) проведение бороздowego опробования с сечением борозд, сопоставимым с диаметром керна колонковых скважин.

20. Качество опробования, обогащения проб и полнота извлечения алмазов по каждому способу опробования должны систематически контролироваться. Контролю подлежат все операции по отбору, взвешиванию, вывозке, обогащению проб и извлечению алмазов, анализируются сохранные хвосты продуктов обогащения, шламы и др. Рекомендуется направлять на внешний контроль некоторую часть хвостов обогащения и/или  $\frac{1}{2}$  часть материала перемешанных валовых проб в количестве около 5–10 % общего их числа. Следует своевременно проверять выдержанность принятых параметров проб и соответствие фактической массы пробы расчетной, исходя из принятого сечения борозды или фактического диаметра и выхода керна. По результатам выполненного контроля каждой операции опробования составляются акты, дается оценка возможной погрешности определения подсчетных параметров.

В случае выявления недостатков, влияющих на точность опробования, следует производить переопробование рудных интервалов.

Достоверность принятых способов опробования контролируется более представительным способом, как правило, более крупнообъемным валовым, руководствуясь соответствующими методическими документами. Для этой цели необходимо также использовать данные технологических проб, валовых проб, отобранных для определения объемной массы в целиках, и результаты отработки. На месторождениях с высоким содержанием алмазов результаты опробования керна скважин малого диаметра могут удовлетворительно контролироваться по керну скважин диаметром 230 мм.

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.

21. Обработка (обогащение) проб производится по типовым схемам, разработанным для кимберлитовых (лампроитовых) пород отдельно для валовых, кернавых (бороздowych) и шламовых проб и апробированным на подобных коренных месторождениях; режим обогащения может меняться в зависимости от изменчивости технологических свойств руд; схемы обогащения, например, рядовых и контрольных кернавых проб не меняются.

22. Вещественный состав разновидностей руд, их текстурно-структурные особенности и физические свойства должны быть изучены с применением минералогическими, петрографическими, физическими, химическими, спектральными и других видов анализа кимберлитовых пород и включений в них вмещающих и глубинных, в том числе

родственных мантийных пород. При этом наряду с описанием отдельных минералов и включений производится также количественная оценка их распространения.

Результаты изучения вещественного, химического состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств кимберлитовых пород должны обеспечить надежное выделение их природных разновидностей, требующих раздельного исследования на обогатимость, выявление возможных попутных полезных компонентов и вредных компонентов, примесей (битум, магнетит, пирит, барит и др.).

23. Алмазы изучаются с целью установления их физических и кристаллографических свойств, ситового состава, сортности и ценности как по основным разновидностям руд, так и по месторождению в целом. При этом необходимо определять соотношения алмазов разных классов крупности по количеству, содержанию и средней массе кристаллов крупнее 0,5 мм (0,5 мг) и крупнее 1–1,2 мм (+3 у.с.к.). Гранулярный состав алмазов характеризуется как по ситовым (–0,5, –1+0,5, –2+1, –4+2, –8+4, –16+8 мм и т.д. с коэффициентом 2), так и по весовым (–0,5, –1+0,5, –2+1, –4+2, –8+4, –16+8 мг и т.д. с коэффициентом 2) классам крупности, для чего необходимо осуществлять покристальное взвешивание извлеченных алмазов, построение и сопоставление гистограмм количества и массы (содержания) алмазов по классам крупности для основных разновидностей руд.

Изучаются кристаллографические особенности формы, характер поверхности граней, наличие штриховки, состав и размеры включений, сохранность и трещиноватость кристаллов, количество природных и техногенных сколов, окраска алмазов, а также их люминесцентные, электрические и другие свойства.

Промышленная сортификация и оценка стоимости алмазов осуществляется в ГОХРАНе РФ и/или в имеющих сертификат специализированных центрах сортировки алмазов (ЦСА) на добывающих предприятиях, раздельно для основных, существенно отличающихся по алмазоносности разновидностей руд и по месторождению в целом. Единые требования к необходимой массе оцениваемых партий алмазов отсутствуют. Масса партий алмазов прямо зависит от их крупности. Ориентировочно минимальная масса (сотни кар) обычно достаточна для руд с преобладанием мелких алмазов, средняя масса (тысячи кар) – для руд с алмазами средней крупности и максимальная масса (десятки тысяч кар) – при наличии в рудах значительной доли крупных, особенно ценных ювелирных алмазов. Представительность партии алмазов для оценки средней стоимости 1 кар на месторождении (участке) необходимо рассматривать относительно их крупности, интервала размерности оцененных алмазов.

Ситовый состав партий алмазов, оцененных в ГОХРАНе (ЦСО), должен соответствовать ситовому составу алмазов, извлеченных из месторождения (разновидности руд), доли алмазов по ситовым классам крупности не должны существенно различаться. Если ситовый состав оцененных партий алмазов (доли алмазов по классам крупности) существенно отличается от природного, необходимо обосновать и ввести соответствующие поправки как в оценки весовых долей алмазов разной крупности, так и в цены 1 кар по классам крупности (приложение 2 к настоящим Методическим рекомендациям).

24. 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.

Возможные полезные компоненты (оливин, пироп и циркон крупностью >3 мм) и вредные примеси (битум, магнетит, пирит, барит и др.), оказывающие существенное

влияние на технологию обогащения кимберлитов, определяются по основным разновидностям руд как по разведочным, так и по специальным групповым пробам (из штуфов), отбираемым обычно в горных выработках, реже в скважинах. Групповые пробы могут быть использованы и для оценки содержания микроалмазов (–3 у.с.к. мельче 1,2 мм) по разновидностям руд, уточнения распределения алмазов по классам крупности.

Порядок объединения рядовых штуфных проб в групповые, их размещение и общее количество должны обеспечить равномерность опробования основных разновидностей руд и надежность оценки их компонентного состава.

25. Объемная масса и влажность руды входят в число основных параметров, используемых при подсчете запасов месторождений, их определение необходимо производить для каждой выделенной природной разновидности руд и внутренних некондиционных блоков, руководствуясь соответствующими методическими документами.

Объемная масса плотных руд определяется главным образом по представительным парафинированным образцам. Объемная масса рыхлых, сильно трещиноватых и кавернозных руд, как правило, определяется в целиках, а также методом поглощения рассеянного гамма-излучения. Определение объемной массы может производиться также по данным плотностного каротажа (ГГК) 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.

Достоверность определения объемной массы по образцам при наличии горных выработок должна быть подтверждена методом выемки целиков или исследованиями целиков геофизическими методами.

26. В результате изучения химического и минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физических свойств руд устанавливаются их природные разновидности и предварительно намечаются промышленные (технологические) типы, подлежащие отдельной выемке, требующие различных способов переработки или имеющие различные области использования.

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

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

27. Природные и технологические типы руд нередко соответствуют друг другу, но число природных типов чаще превышает число технологических.

Вещественный состав алмазоносных кимберлитовых и лампроитовых пород зависит от состава рудопродуцирующей магмы, условий формирования разновидностей руд разных фаз внедрения (туфогенные образования кратера, эруптивные или интрузивные кимберлитовые брекчии, туфы, туфобрекчии и массивные или полосчатые порфиоровые интрузивные кимберлиты диатремы). Кроме того, на вещественный состав руд большое влияние оказывают вмещающая среда, гидротермальная минерализация и корообразование.

Для алмазоносных кимберлитовых и лампроитовых пород характерно присутствие единого комплекса минералов, среди которых промышленное значение

имеет практически только алмаз, попутные минералы-спутники в мировой практике разработки коренных месторождений алмазов до сих пор промышленно нигде не извлекались.

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

29. Для выделения технологических типов и сортов руд проводится геолого-технологическое картирование, при котором сеть опробования выбирается в зависимости от числа и частоты перемежаемости природных разновидностей руд.

При этом рекомендуется руководствоваться стандартом Российского геологического общества – СТО РосГео 09-002–98 «Твердые полезные ископаемые и горные породы. Геолого-технологическое картирование», утвержденным и введенным в действие постановлением Президиума Исполнительного комитета Всероссийского геологического общества от 28 декабря 1998 г. №17/6.

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

На лабораторных и укрупненно-лабораторных пробах должны быть изучены технологические свойства всех выделенных промышленных (технологических) типов руд в степени, необходимой для выбора оптимальной технологической схемы их переработки и определения основных технологических показателей обогащения руд и извлечения алмазов. При этом важно определить такую степень измельчения руд, которая обеспечит максимальное вскрытие алмазов при минимальном их дроблении и попадании в хвосты.

Полупромышленные технологические пробы служат для проверки технологических схем и уточнения показателей обогащения руд, полученных на лабораторных пробах. Полупромышленные технологические испытания проводятся в соответствии с программой, разработанной организацией, выполняющей технологические исследования, совместно с недропользователем и согласованной с проектной организацией. Отбор проб производится по специальному проекту.

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

30. При проведении технологических исследований руд рекомендуется изучить возможность использования геофизических методов (картаж, радиопросвечивание и

др.) для разделения типов руд, уточнить технологические сорта руд (кратера или зон «плавающих рифов») для валовой или селективной их выемки.

31. При исследовании обогатимости алмазонасных руд изучают степень их выветривания, вторичного изменения (сапонитизации, карбонатизации и др.), минеральный состав, структурные и текстурные особенности, наличие попутных компонентов и вредных примесей с использованием приемов и методов технологической минералогии. Оценивают дробимость и измельчаемость, проводят ситовый, дисперсионный и гравитационный анализы. Выбирают технологическую схему обогащения, устанавливают число стадий и оптимальную крупность измельчения. Определяют способы обогащения и доводки алмазных концентратов; извлечение алмазов составляет обычно не менее 90–95 %, минимальное значение – по мелким (–2 мм) кристаллам.

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

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

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

33. Особенности обогащения кимберлитов определяются главным образом необходимостью полного извлечения алмазов всех классов крупности и минимального дробления крупных кристаллов, сохранения их в природном состоянии.

Технологические схемы обогащения руд включают в основном следующие процессы: первичное измельчение и доизмельчение в замкнутом цикле в мельницах самоизмельчения, обогащение крупных классов (+10 мм) рентгенолюминесцентным методом, первичное гравитационное обогащение (отсадка, обогащение в тяжелых суспензиях) средне- и мелкозернистых материалов, доводку полученных концентратов. Доводочные операции осуществляются методами рентгенолюминесцентной, в меньшей степени электростатической, липкостной, магнитной сепарации. За рубежом схемы рудоподготовки базируются на стадийном дроблении. Используются также процессы разрушения среднекусковой руды методами объемного сжатия с использованием валковых прессов.

Дробление руд для сохранения кристаллов алмазов производится в несколько стадий, в схемах стадийного дробления предусматривается замкнутый цикл дробления и грохочения. Высокая раскрываемость и сохранность алмазов обеспечивается в безшаровых мельницах самоизмельчения.

В алмазодобывающей промышленности России и за рубежом применяют технологические схемы, позволяющие извлекать алмазы определенной минимальной крупности, в зависимости от их качества, стоимости, содержания и затрат на извлечение, которые не должны превышать извлекаемую стоимость. С середины 1990-х гг. изменения в экономике и успехи в производстве синтетических алмазов привели к

резкому снижению стоимости алмазной мелочи (–3 у.с.к.), цена 1 кар. алмазов класса – 3+2 у.с.к. (–1,15 мм) упала в 3 раза, мировые добывающие предприятия прекратили промышленное извлечение алмазов мельче 1,2 мм, а австралийская компания «Аргайл даймонд») – мельче 1,5 мм.

Постановление Правительства Российской Федерации от 23 ноября 1998 г. №1365 «О критериях и порядке отнесения драгоценных камней к непригодным для изготовления ювелирных изделий» определило отдельный порядок учета этих алмазов (вместе с алмазами позиций boart и drilling в других размерно-весовых группах) как технической продукции, выведя, таким образом, этот класс из категории драгоценных камней.

Ограничение минимальной крупности извлекаемых алмазов размером –3 у.с.к. (< 1,2 мм) касается промышленного производства, оценки промышленных запасов, стоимости алмазов месторождения, но не относится к разведочному обогащению кимберлитовых руд, которое должно обеспечивать полное извлечение мелких алмазов классов –1+0,5 и –2+1 мм. Извлечение из геологоразведочных проб мелких (–1+0,5 мм, или 0,5–2 мг) алмазов позволяет оперативно контролировать технологическую схему переработки проб, гарантировать надежность извлечения и более крупных кристаллов, а также получить более полное представление о характере распределения содержаний алмазов по всем ожидаемым классам крупности.

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

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

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

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.



для газонасыщенных вод определить степень газонасыщенности (газовый фактор), состав и содержание газов; при возможности загрязнения окружающей среды токсичными водами и газами должны быть даны рекомендации по ее охране.

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

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий при оценке промышленной значимости месторождений твердых полезных ископаемых решаются на уровне констатации вероятных, разведываемых и действующих источников водоснабжения.

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

35. 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 отложений, определяющие характеристику их прочности (устойчивости, разрыхляемости, кусковатости и др.) в естественном и водонасыщенном состояниях; инженерно-геологические особенности массива пород месторождения и их анизотропия, состав пород, их трещиноватость, тектоническая нарушенность, текстурные особенности, закарстованность, разрушенность в зоне выветривания; охарактеризованы современные геологические процессы, которые могут осложнить разработку месторождения.

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

В результате инженерно-геологических исследований должны быть получены материалы по прогнозной оценке устойчивости пород в кровле подземных горных выработок, бортах карьера и для расчета 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.

36. Разработка коренных месторождений алмазов производится открытым, подземным и комбинированным способами. При комбинированном способе границу отработки открытым способом устанавливают при помощи предельного коэффициента вскрыши, исходя из равенства себестоимости добычи полезного ископаемого тем и другим способом. Применяемые способы разработки зависят от горно-геологических условий залегания рудных тел, принятых горно-технических показателей, схем добычи руды и обосновываются в ТЭО кондиций.

Алмазные месторождения трубчатого типа, выходящие на дневную поверхность или залегающие неглубоко (до 100 м), разрабатываются открытым способом – карьерами первой очереди до глубины 250–300 м (трубки им. 23-го съезда, Дачная) и второй очереди до глубины 600 м (трубки Мир, Удачная, Сытыканская). Глубокозалегающие (> 200 м) месторождения и глубокие горизонты трубок (Интернациональная в России, Премьер в ЮАР) разрабатываются подземным способом, системой массового обрушения.

Величина потерь и разубоживания, как правило, зависит от принятого способа и системы разработки и горно-геологических условий. Потери при открытой разработке коренных месторождений алмазов составляют 0,1–1 %, разубоживание – 0,5–10 %, при подземной разработке соответственно – 10–15 и 15–25 %.

37. Основная цель экологических исследований заключается в информационном обеспечении проекта освоения месторождения в части природоохранных мер.

Специфика техногенных источников воздействия месторождений алмазов определяется горным (подземным и открытым) способом разработки, применением флотации в качестве метода обогащения.

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

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

Надежность оценки на безрудность площадей, примыкающих к месторождениям, достигается комплексом геолого-геофизических методов поисков погребенных кимберлитов и россыпей алмазов с бурением, опробованием, каротажем скважин и, при необходимости, радиоволновым просвечиванием межскважинного пространства.

38. 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.

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

40. По районам новых месторождений особое значение имеет оценка на безрудность площадей, примыкающих к погребенным месторождениям, на которых будут размещены объекты производственного и жилищно-гражданского назначения, хвостохранилища и отвалы пустых пород. Приводятся данные о наличии местных строительных материалов и возможности использования в качестве их вскрышных пород изучаемого месторождения.

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

42. 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**

43. Подсчет и классификация по степени разведанности запасов коренных месторождений алмазов производится в соответствии с требованиями «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

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

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

однородностью геологического строения, примерно одинаковой или близкой степенью изменчивости сечения трубки, 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 (кратеру, раздуву жерла, одному из каналов диатремы и др.);

общностью горнотехнических условий разработки; по склонению трубки подсчетные блоки следует разделять горизонтами горных работ или скважин с учетом намечаемой последовательности отработки запасов.

При невозможности геометризации и оконтуривания рудных тел или промышленных (технологических) типов и сортов руд количество и качество

кондиционных и некондиционных руд (и их промышленных типов) в подсчетном блоке определяется статистически.

45. При подсчете запасов должны учитываться следующие дополнительные условия, отражающие специфику коренных месторождений алмазов.

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

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

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

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

К категории  $C_1$  относятся запасы на участках месторождений, в пределах которых выдержана принятая для этой категории сеть разведочных выработок, а достоверность полученной при этом информации подтверждена результатами, полученными на участках детализации или данными эксплуатации на разрабатываемых месторождениях. На трубчатых месторождениях при невозможности геометризации рудных тел, например, в кратере или в зоне «плавающих рифов», количество и качество балансовых и забалансовых запасов и промышленных типов руд в подсчетном блоке определяется статистически.

Контур запаса категории  $C_1$ , как правило, определяются по разведочным выработкам, а для наиболее выдержанных и крупных рудных тел – геологически обоснованной ограниченной экстраполяцией, учитывающей изменение морфоструктурных особенностей, мощностей рудных тел и качества руд.

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 и установленных закономерностей изменения сечения трубок и содержания алмазов.

46. Запасы подсчитываются отдельно по категориям разведанности, способам отработки (карьерными, штольневые горизонты, шахты), промышленным (технологическим) типам и сортам руд, различающимся по алмазоносности (содержанию, крупности алмазов) и их экономическому значению (балансовые, забалансовые).

При разделении запасов полезных ископаемых по категориям в качестве дополнительного классификационного показателя могут использоваться

количественные и вероятностные оценки точности и достоверности определения основных подсчетных параметров.

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

Балансовые и забалансовые запасы руды подсчитываются на сухую руду с указанием ее влажности в естественном залегании. Для влагоемких, пористых руд производится также подсчет запасов сырой руды.

47. При подсчете запасов традиционными методами (геологических блоков, разрезов и др.) должны быть выявлены пробы с аномально высоким содержанием алмазов («ураганные» пробы), проанализировано их влияние на величину среднего содержания по разведочным сечениям и подсчетным блокам и при необходимости ограничено их влияние. Части рудных тел с высоким содержанием и увеличенной мощностью следует выделять в самостоятельные подсчетные блоки и более детально разведывать.

По опыту буровой разведки и отработки коренных месторождений алмазов очевидно, что оценки блочных содержаний систематически занижаются на 10 % и более, поэтому к «ураганным» могут относиться пробы, повышающие оценку среднего не менее чем на 20 %.

На разрабатываемых месторождениях для определения уровня «ураганных» значений и методики их замены следует использовать результаты сопоставления данных разведки и эксплуатации.

Оценки средних содержаний по блокам буровой разведки рекомендуется выполнять двумя способами: обычным расчетом среднего (арифметического, средневзвешенного на длину, массу проб) общего содержания алмазов; через расчет надежно оцениваемого среднего содержания относительно мелких алмазов ( $-2+0,5$  или  $-4+0,5$  мм) с дальнейшим пересчетом общего содержания путем введения поправочного коэффициента на недоизвлечение крупных камней по данным крупнообъемного валового опробования и аналитических расчетов.

48. 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.

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

50. 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 горнодобывающего предприятия, для сопоставления данных разведки и разработки достаточно использовать результаты геолого-маркшейдерского учета.

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

При анализе результатов сопоставления необходимо установить величины изменений при разработке или доразведке утвержденных уполномоченным экспертным органом подсчетных параметров (площадей подсчета, коэффициентов рудоносности, содержания алмазов, в том числе по классам крупности, объемных масс и т. д.), соотношения природных типов руд, запасов и качества руд, а также выяснить причины этих изменений.

51. В последние годы при подсчете запасов рудных месторождений находит применение метод геостатистического моделирования, позволяющий использовать процедуру крайгинга для исследования внутреннего строения, закономерностей пространственного распределения изучаемых признаков (количества, содержания, крупности алмазов, метрокварца, концентраций полезных и вредных компонентов и т. д.), их оценивания и подсчета запасов 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.).

Из опыта геостатистических исследований (ЦНИГРИ, АК «АЛРОСА») на месторождениях трубок Мир, Удачная и Айхал следует:

методы геостатистики эффективны для изучения внутреннего строения, вещественного состава, алмазоносности и их изменчивости в плане и на глубину месторождения, а также для выявления свойств оруденения (анизотропия, степень непрерывности, эффект самородков, зона влияния пробы и др.), используемых при

выборе рациональных систем разведки, размера проб, формы и плотности сети выработок;

применение крайгинга для подсчета запасов алмазов в блоках по данным буровой разведки (при сети скважин 20×20 м и реже, диаметре рядового бурения 132 мм и меньше) обычно мало эффективно и нецелесообразно; вариограммы общего содержания фиксируют независимость показаний или высокий (0,7–0,9 D) эффект самородков (погрешность) в показаниях сопряженных проб;

вариограммы содержания доминирующих (–2+0,5 или –4+1 мм) классов алмазов фиксируют зависимость показаний проб в радиусе до 40 м, реже – 60 м, пониженный (0,4–0,6 D) эффект самородков и свидетельствуют об эффективности применения крайгинга для вычисления блочных содержаний и запасов алмазов этих доминирующих классов крупности и возможности введения поправок на содержание (запасы) крупных камней по данным контрольного валового опробования горных выработок и/или шурфоскважин.

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 при достаточно густой (40×40 м и плотнее) сети опробования горных выработок и/или скважин большого диаметра, обеспечивающих взаимосвязь показаний проб по содержанию алмазов доминирующих классов крупности.

Вычисление вариограмм производится на основе данных опробования по пробам, длина которых согласуется с уступом карьера и интервалом опробования.

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

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

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

Считается, что геостатистический способ подсчета запасов дает возможность установления наилучших оценок средних содержаний полезного компонента в блоках, рудных телах и по месторождению в целом без специальных приемов по уменьшению влияния «ураганных» проб, позволяет снизить ошибки оконтуривания рудных тел с весьма сложной морфологией и внутренним строением и оптимизировать технологию

отработки месторождения. Вместе с тем, из-за весьма низкого содержания и наличия в кимберлитах крупных алмазов геостатистические методы подсчета запасов зачастую неэффективны и должны быть контролируемы в своем применении. Результаты геостатистического моделирования и оценивания должны проверяться путем сравнения с результатами традиционных методов подсчета запасов на представительных участках.

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

53. Подсчет запасов попутных полезных ископаемых и компонентов (пироп, оливин, циркон) производится в соответствии с «Рекомендациями по комплексному изучению месторождений и подсчету запасов попутных полезных ископаемых и компонентов», утвержденными МПР России в установленном порядке, при наличии заключения о рентабельности извлечения этих полудрагоценных камней при добыче алмазов.

54. 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)**

55. По степени изученности месторождения (и их участки) могут быть отнесены к группе оцененных или разведанных в соответствии с требованиями раздела 3 «Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых», утвержденной приказом МПР России от 11 декабря 2006 г. № 278.

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

56. На оцененных месторождениях алмазов 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 всех открытых новых 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 определяются на основе исследований лабораторных проб; капитальные затраты на строительство рудника, себестоимость товарной продукции и другие экономические показатели определяются по укрупненным расчетам на базе проектов-аналогов.

Вопросы хозяйственно-питьевого водоснабжения горнодобывающих предприятий предварительно характеризуются, основываясь на существующих, разведываемых и вероятных источниках водоснабжения.

Рассматривается и оценивается возможное влияние отработки месторождения 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 работ по решению государственной экспертизы материалов подсчета запасов в течение не более 3 лет на наиболее характерных, представительных для большей части месторождения участках, включающих типичные для месторождения руды. Масштаб и сроки ОПР должны быть согласованы с органами Федеральной службы по экологическому, технологическому и атомному надзору. 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.

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

57. На разведанных месторождениях качество и количество запасов, их технологические свойства, гидрогеологические и горнотехнические 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 предприятия.

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

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

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

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

Рациональное соотношение запасов различных категорий определяется недропользователем с учетом допустимого предпринимательского риска. Возможность полного или частичного использования запасов категории  $C_2$  при проектировании отработки месторождения определяется в каждом конкретном случае и оформляется в виде рекомендации по результатам государственной геологической экспертизы подсчета запасов. Решающими факторами при этом являются особенности геологического строения рудных тел и характер распределения в них алмазов, 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 уполномоченным экспертным органом.

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

58. 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) качества руд;

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

изменении требований промышленности к качеству минерального сырья;

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

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

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

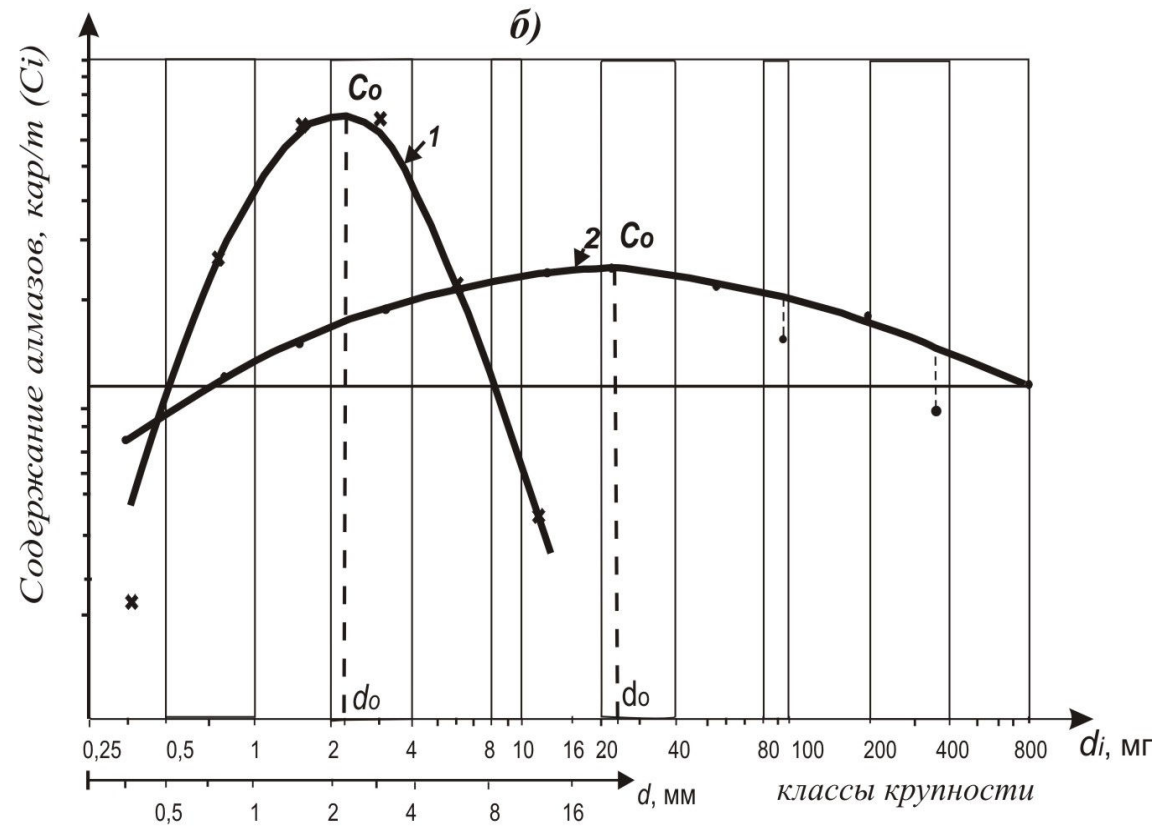
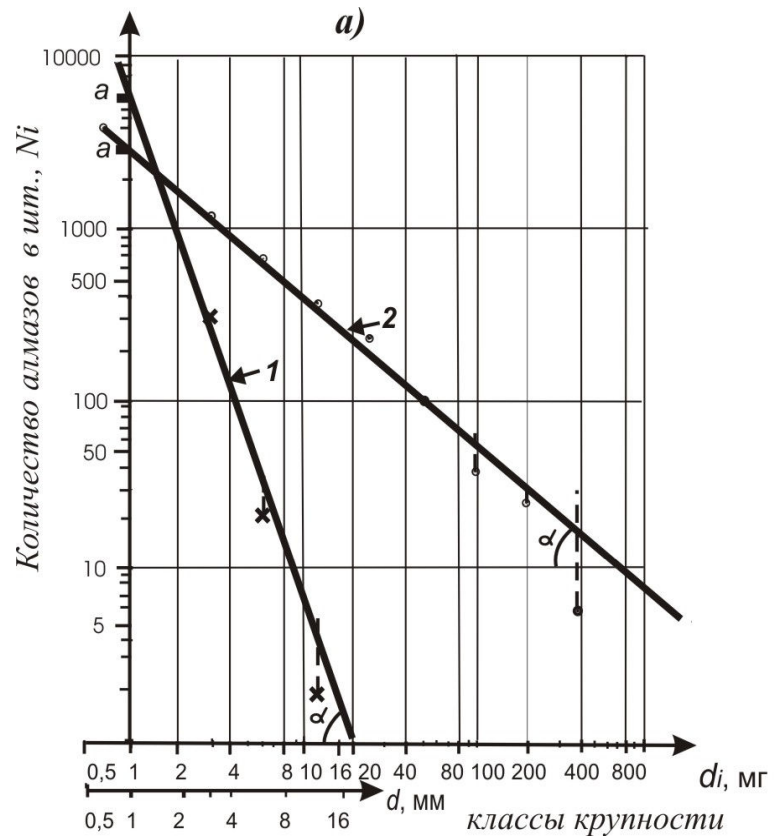
существенном и стабильном увеличении мировых цен на продукцию предприятия (более 50 % от заложенных в обоснования кондиций);

разработке и внедрении новых технологий, существенно улучшающих экономику производства;

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

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

Приложение 1 к Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых алмазов



Приложение 2 к Методическим рекомендациям по применению Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых алмазов

