

**Выделение рудных интервалов:
методические особенности,
практика применения.**

**Геологический анализ кондиций:
определение минимальной рабочей
мощности, максимальной мощности
пустого прослоя, бортового содержания.**

Подсчет запасов рудных месторождений является завершающей частью и конечной целью геологоразведочных работ на стадиях оценки и разведки и выполняется по рудным телам.

Рудное тело – общее название скопления руды любой формы.

Рудным телом в экономическом значении является минерализованная часть геологического пространства недр, положение и условия залегания которого определяются сочетанием геолого-структурных элементов, а границы рудного тела в направлении мощности, по простиранию и по падению устанавливаются кондициями, обоснованными технико-экономическими расчетами.

Совокупность операций, направленных на установление (построение) границ рудного тела, называется оконтуриванием рудного тела. Рассмотрим лишь один элемент оконтуривания рудных тел - оконтуривание в направлении мощности, завершающийся выделением рудного интервала.

Эта операция является начальным этапом построения рудного тела и все ошибки, допущенные на этом этапе, будут воспроизводиться на дальнейших стадиях подсчета запасов.

Принципы выделения рудных интервалов при подсчете запасов сложились, исходя из практики подсчетов запасов и подтверждены результатами успешной разработки многих сотен рудных месторождений в течение десятков лет.

Проверка правильности выделения рудных интервалов является обязательной частью технической проверки при прохождении материалов подсчета запасов месторождения в ГКЗ. Некорректное выделение РИ может привести в итоге к неподтверждению запасов как в количественном, так и в качественном отношении.

К сожалению, в настоящий момент не существует четких указаний в «Методических рекомендациях ГКЗ...», как именно следует проводить процедуру выделения РИ.

Наиболее полной в этом отношении можно считать работу «Викентьев В.А., Карпенко И.А., Шумилин М.В. Экспертиза подсчетов запасов рудных месторождений. М. Недра, 1988.».

Перечислим основные принципы выделения рудных интервалов, указанных в работе и не вызывающих возражений у экспертов ГКЗ.

- Правило прирезки (компенсации)
- Отсутствие пустого прослая в выделенном интервале
- Использование сближенных рудных интервалов

В общем случае для выделения рудных интервалов устанавливаются и применяются следующие параметры кондиций:

- ✧ бортовое содержание полезного компонента, Сб;
- ✧ минимальная мощность тела полезного ископаемого, Мрт;
- ✧ максимально допустимая мощность прослоя пустых пород или некондиционных руд, включаемых в контур рудного тела, Мпп;
- ✧ минимальный метропроцент (метрограмм), МС, рассчитываемый как произведение Сб на Мрт ($Сб * Мрт$).

(Применяется для определения кондиционной принадлежности рудного интервала в случаях, если его фактическая мощность меньше установленной кондициями, но характеризуется высоким содержанием полезного компонента.)

Важным моментом является уточнение, о какой мощности идет речь. Как правило, при подсчетах запасов крутопадающих тел с использованием проекции на вертикальную плоскость используется **горизонтальная мощность**, а при подсчетах пологозалегающих тел – **вертикальная мощность**. В любом случае, нужно помнить о том, что стволовая мощность по скважине, например, в большинстве случаев отличается от **истинной мощности**.

Для получения значения истинной мощности используется формула П. М. Леонтовского:

$$M = m (\sin \alpha \cos \beta \sin \gamma \pm \cos \alpha \sin \beta),$$

где: M – истинная мощность; m – видимая (стволовая) мощность; α – угол падения пласта; β – угол наклона рельефа (скважины); γ – угол между азимутами линий простирания и измерения (азимут скважины). Знак $\pm$ употребляется в зависимости от соотношения направления наклонов поверхностей рельефа (погружение скважины) и пласта: при наклоне их в одну сторону принимается знак минус, при наклоне в разные стороны – знак плюс.

При этом нужно учитывать, что скважины, имеющие угол встречи с плоскостью рудного тела менее 30 градусов, как правило, исключаются из подсчета запасов.

Все операции по выделению рудных интервалов проводятся только после вычисления соответствующей мощности.

При определении контуров рудного тела в направлении его мощности может быть выделено **две принципиально различных ситуации**, обусловленных особенностями геологического строения месторождения.

Первая предполагает, что распределение рудной минерализации контролируется естественными границами геологических образований, т.е. внешней границей рудного тела в направлении его мощности являются визуально наблюдаемые контакты жил, интрузивных и осадочных пород, околорудных изменений, природных разновидностей руд, тектонических элементов и др. Содержание полезного компонента в интервале, ограниченном геологическими контактами, рассчитывается по данным анализов рядовых секционных проб, границы которых должны соответствовать геологическим контактам рудного интервала.

Кондиционная принадлежность выделенных таким образом интервалов определяется по величине МС.

Большее значение в этом случае при оконтуривании рудного тела приобретают не условия выделения рудных интервалов, а условия оконтуривания рудных тел по падению и по простиранию, при которых приоритет принадлежит геологическим элементам контроля.

Другая ситуация возникает в случае необходимости определения границ рудных интервалов при отсутствии внешних геологических границ. В этом случае задача определения границ рудного тела по мощности решается на основании данных рядового опробования.

Такой подход к нахождению границ рудных тел применяется для рудных тел любой морфологии, как маломощных жило- и пластообразных, в которых пробы с содержанием полезного компонента ниже бортового в направлении мощности практически отсутствуют, так и для рудных тел с прерывистым распределением компонента в направлении мощности.

Таким распределением обычно обладают рудные тела значительной мощности, среди которых выделяются: удлиненные тела типа жильных или минерализованных зон; изометричные тела типа штокверков; неправильной формы залежи типа скарнов, рудных столбов.

Для всех этих морфологических разновидностей характерно прерывистое распределение концентраций полезного компонента в направлении мощности, выражающееся в чередовании интервалов различной мощности с высокими, низкими или «нулевыми» содержаниями полезного компонента.

Применительно к рассматриваемой ситуации для нахождения границ рудных скоплений необходимо выделение на основании данных рядового опробования рудных интервалов, отвечающих установленным кондициям параметрам по бортовому содержанию и мощности рудного тела или величине минимального метропроцента (метрограмма).

В сложившейся практике экспертиз ГКЗ (техническая проверка подсчета запасов) существует три основных принципа выделения рудных интервалов:

- **Правило прирезки (компенсации)**
- **Проверка на наличие пустого прослоя**
- **Принцип объединения сближенных интервалов**

Для характеристики методики выделения кондиционных рудных интервалов по данным опробования использованы следующие термины (понятия):

- ✧ интервал опробования - совокупность смежных проб в одной линии опробования, пересекающей минерализованную зону на полную мощность;

- ✧ элементарный рудный (безрудный) интервал - совокупность смежных проб, в которых все содержания выше (ниже) бортового (Сб);

- ✧ единичный рудный интервал - рудный интервал, выделенный по величине Сб с учетом Мпп, может состоять из одного или нескольких элементарных рудных интервалов, объединенных через элементарные безрудные интервалы, мощность которых равна или меньше Мпп. Единичные рудные интервалы представляют собой незавершенный (промежуточный) этап выделения (оконтуривания) рудных интервалов по мощности. Окончательное формирование соответствующего всем параметрам кондиций кондиционных интервалов отстоят от соседних на расстояние меньше Мпп, решение об их включении в кондиционный интервал еще предстоит принять исходя из результатов расчета содержания в приращиваемой (прирезаемой) части - рудный интервал + безрудный. В случае, если содержание в прирезаемой части равно или выше бортового, рассматриваемый фрагмент включается в кондиционный интервал, если ниже - не включается.

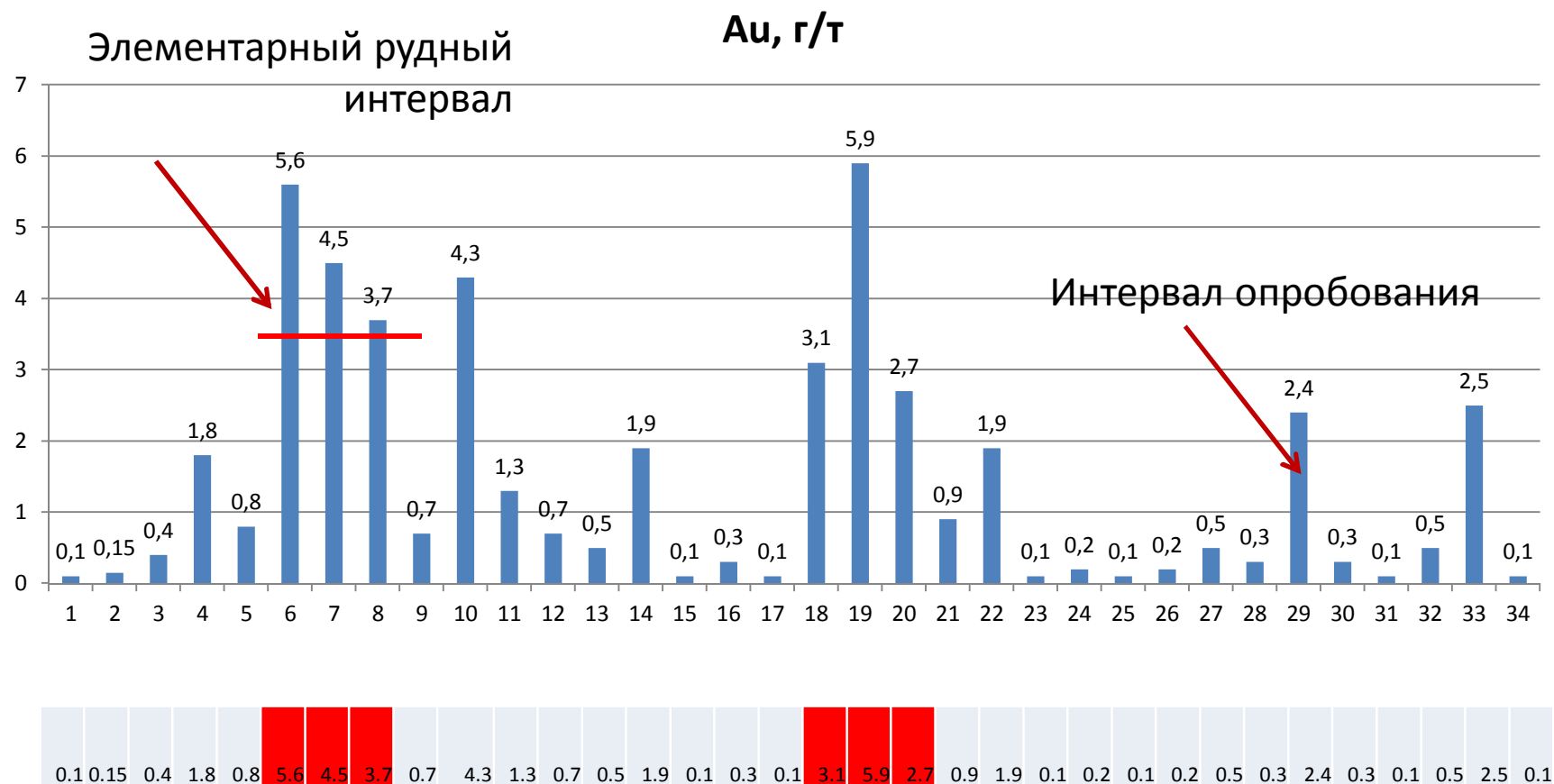
- ✧ кондиционный рудный интервал - рудный интервал, который представляет собой результат объединения элементарных и единичных интервалов и отвечает всем кондиционным условиям на оконтуривание по мощности.

бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого прослоя - 5 м

Компенсация, шаг 1



Москва, 2014

Два замечания

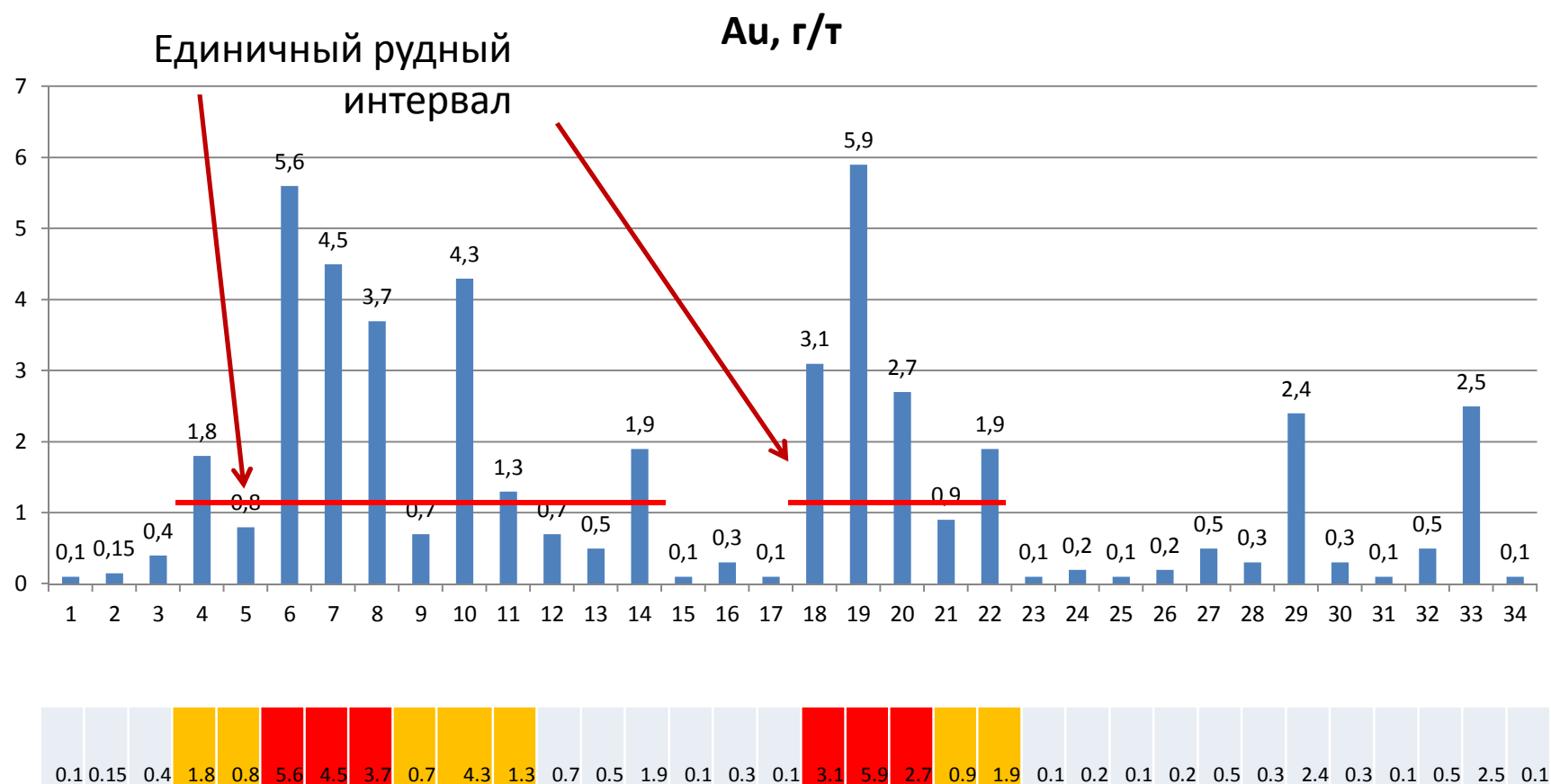
- Корректное представление материалов – указание безрудных интервалов на мощность пустого прослоя в обе стороны от выделенного рудного кондиционного интервала
- Длина пробы должна равняться 20-25% средней мощности рудного тела (тн эффект основания)

бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого прослоя - 5 м

Компенсация, шаг 2



Москва, 2014

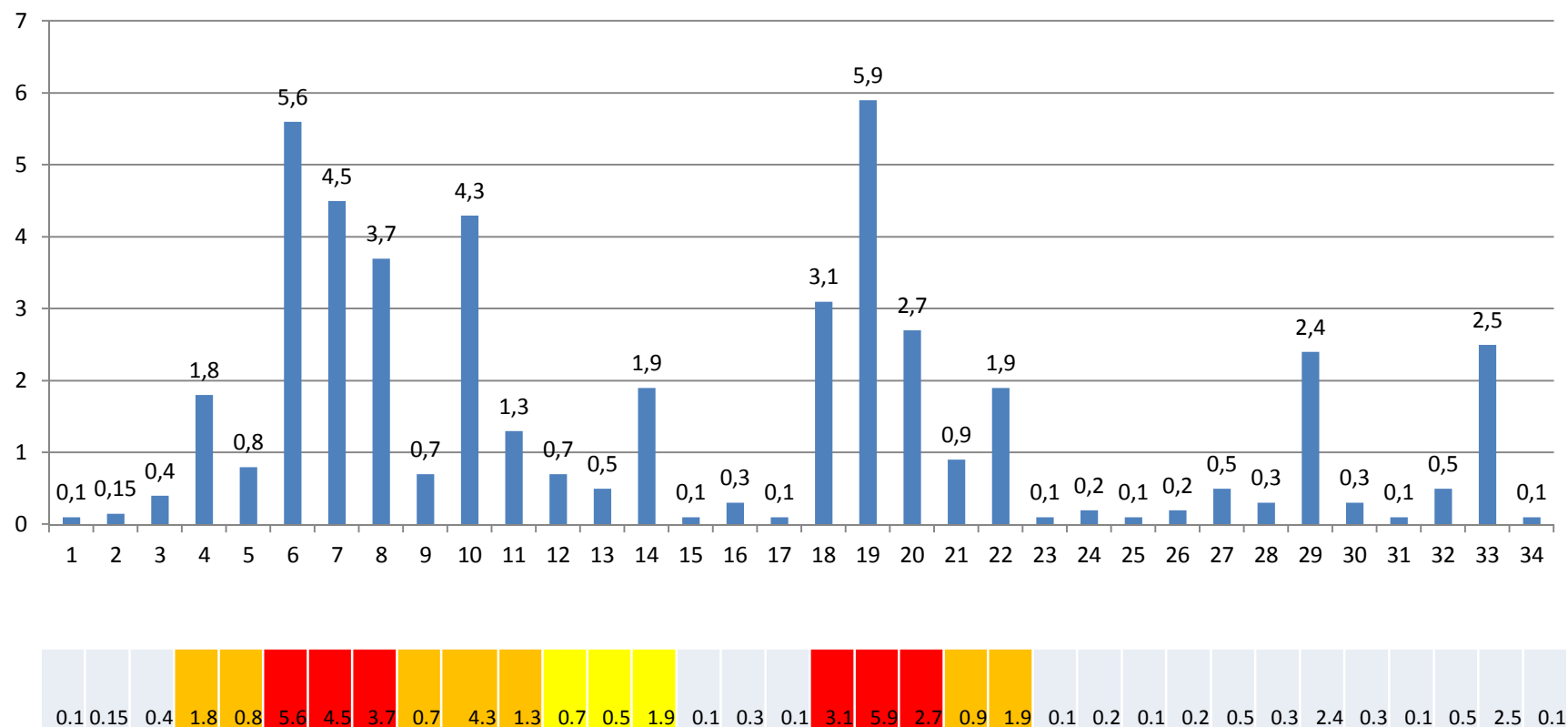
бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого просоя - 5 м

Компенсация, шаг 3

Аи, г/т



Москва, 2014

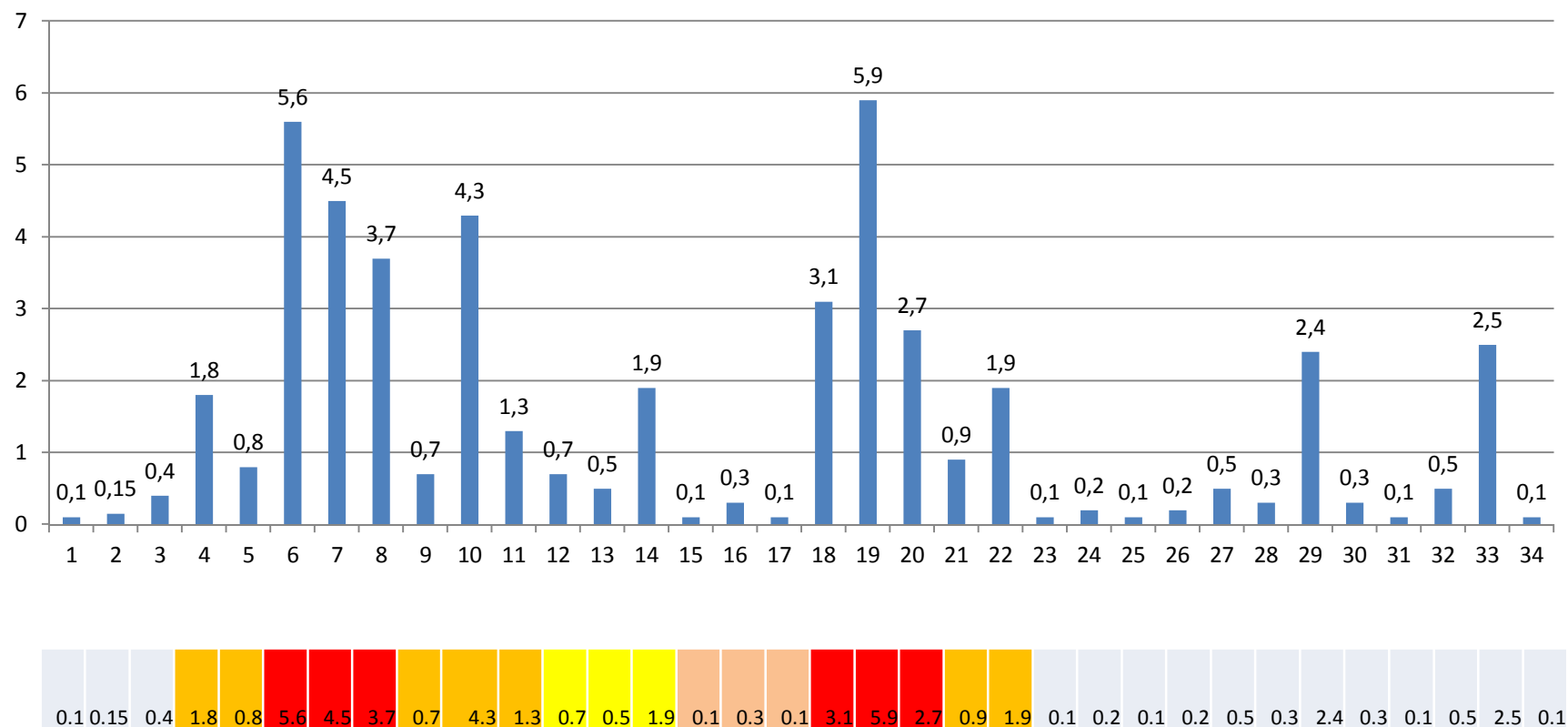
бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого просоя - 5 м

Компенсация, шаг 4

Аи, г/т



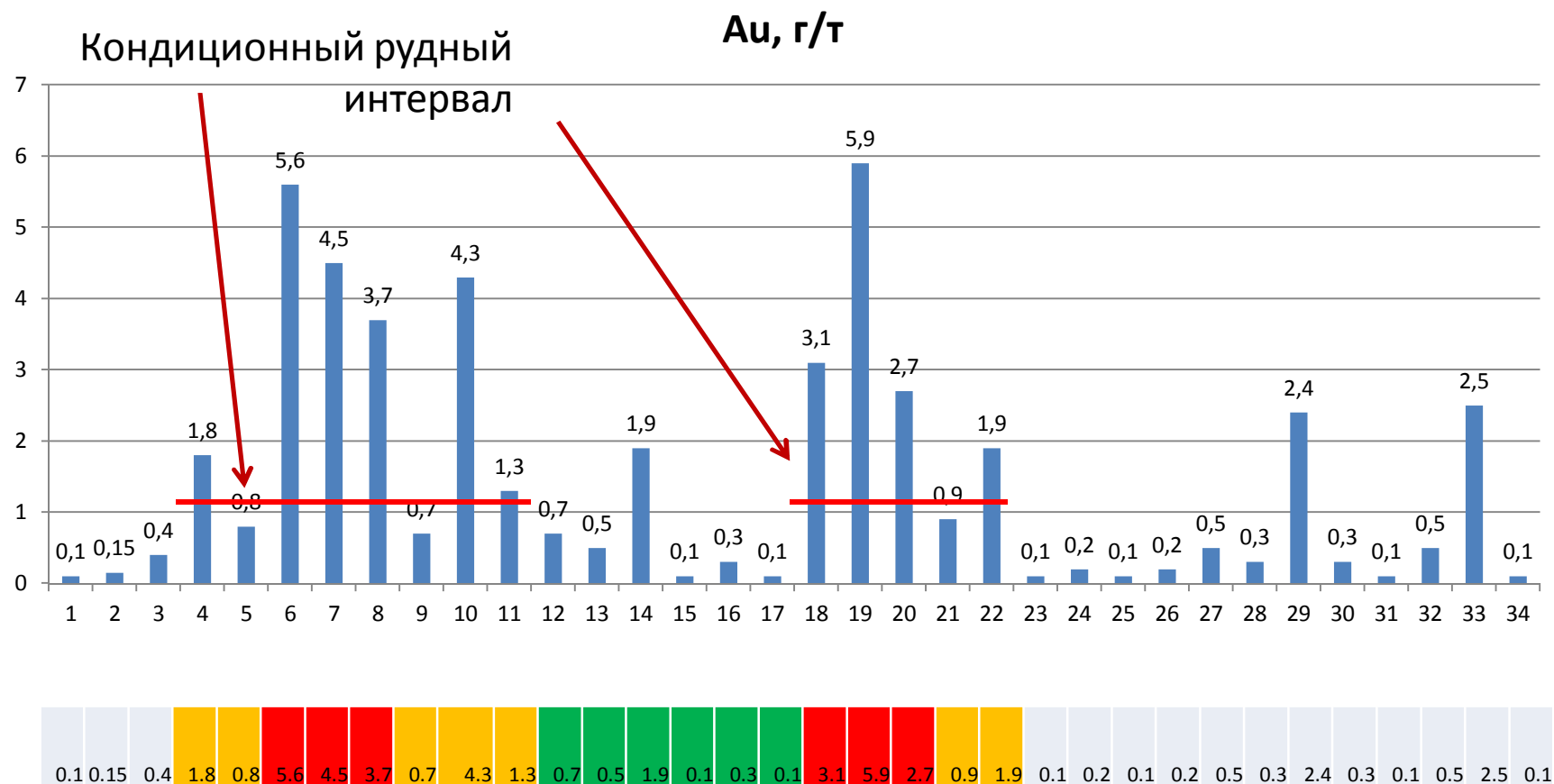
Москва, 2014

бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого прослоя - 5 м

Пустой прослой, шаг 1



Москва, 2014

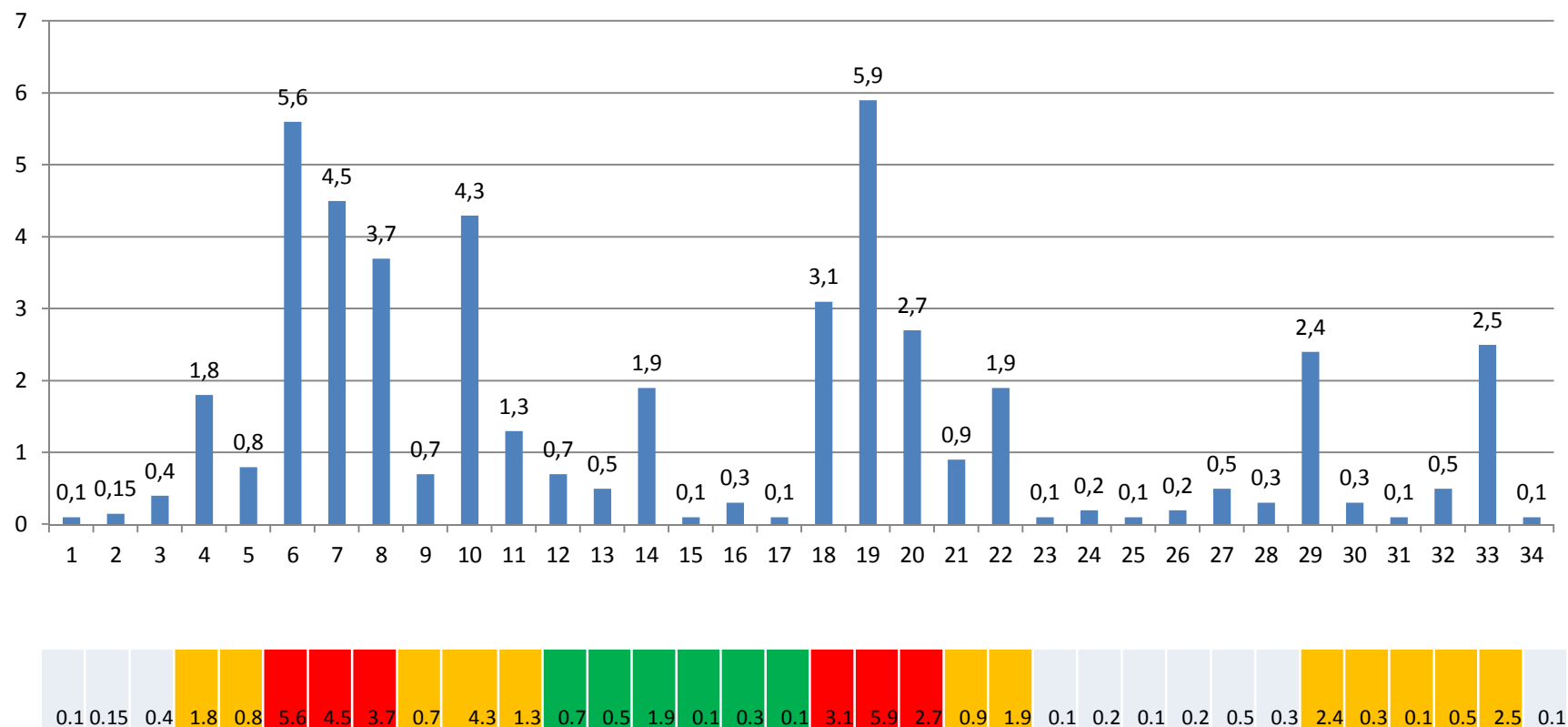
бортное содержание - 1 г/т

минимальная рабочая мощность - 3 м

максимальная мощность пустого просоя - 5 м

Сближенные интервалы, шаг 1

Аи, г/т



Москва, 2014

ID	SKV	FR	TO	M	C	MC	Элементарные интервалы		Формирование единичных рудных интервалов						Формирование кондиционных рудных интервалов		
									1 этап			2 этап					
							N ₁₅	IN ₀	C ₁	C ₂	IN ₁	C ₃	C ₄	IN ₂	C ₅	C ₆	IN ₃
... висячий бок минерализованной зоны ...																	
1	202a	79,0	80,0	1,00	1,90	1,90	1	2,0/ 1,85/ 3,7	1,50			8,0/2,79/22,3		8,0/2,79/22,3			
2	202a	80,0	81,0	1,00	1,80	1,80											
3	202a	81,0	82,0	1,00	0,80	0,80	2										
4	202a	82,0	83,0	1,00	2,20	2,20	3	5,0/3,55/17,8	2,97	3,10		2,18		8,0/2,79/22,3			
5	202a	83,0	84,0	1,00	5,00	5,00											
6	202a	84,0	85,0	1,00	1,90	1,90											
7	202a	85,0	86,0	1,00	5,80	5,80											
8	202a	86,0	87,0	1,00	2,90	2,90											
9	202a	87,0	88,0	1,00	0,00	0,00	4										
10	202a	88,0	89,0	1,00	1,50	1,50	5		0,85	0,75	3,0/0,57/ 1,7		1,25	7,0/0,96/6,7			
11	202a	89,0	90,0	1,00	0,20	0,20	6										
12	202a	90,0	91,0	1,00	1,80	1,80	7		1,55	1,00	3,0/1,67/ 5,0	1,25					
13	202a	91,0	92,0	1,00	1,30	1,30	8										
14	202a	92,0	93,0	1,00	1,90	1,90	9		0,95	1,60							
15	202a	93,0	94,0	1,00	0,00	0,00	10										
16	202a	94,0	95,0	1,00	3,00	3,00	11	4,0/7,15/28,6		5,72			5,72	4,0/7,15/ 28,6			
17	202a	95,0	96,0	1,00	3,80	3,80											
18	202a	96,0	97,0	1,00	1,20	1,20											
19	202a	97,0	98,0	1,00	11,60	11,60											
... лежащий бок минерализованной зоны ...																	

ID – порядковый номер пробы; SKV – номер скважины; FR – отметка начала пробы (м); TO – отметка конца пробы (м); M – длина пробы в направлении истинной мощности рудных тел (м); C – содержание золота в пробе (г/т); MC – метрограмм в пробе (г/т); N₁₅ – номера элементарных интервалов; IN₀ – параметры и кондиционная принадлежность элементарных интервалов; C₁, C₃, C₅ – средние содержания в прирезках со стороны висячего бока (г/т); C₂, C₄, C₆ – тоже со стороны лежащего блока; IN₁, IN₂, IN₃ – параметры и кондиционная принадлежность рудных интервалов и некондиционных прослоев.

Кондиционная принадлежность интервалов:

– кондиционные интервалы – некондиционные интервалы

19,0/3,03/57,55 – мощность / содержание / метрограмм

Кондиции:

1. Cб – бортовое содержание золота = 1,5 г/т;

2. Mпп – максимальная истинная мощность прослоев пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур рудного тела = 8 м;

3. Mрт – минимальная истинная мощность рудного тела = 8 м;

4. MC – минимальный метрограмм рудного тела = 12 гм/т.

Найдите ошибку

	М	С	МС	С ₁	С ₂	С ₃
	висячий бок					
	2,3	5,0	11,5		1,75	
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5			
лежащий бок						
Итого	35,5	1,96	69,5	- правильная методика		
Итого	0,0	0,0	0,0	- неправильная методика		

М - мощность интервалов по линии опробования (м); С - среднее содержание полезного компонента в интервале (г/т); МС - метрограмм интервала; С₁ - среднее содержание в прирезаемом участке со стороны лежащего бока; С₂ - среднее содержание в прирезаемом участке со стороны висячего бока; С₃ - среднее содержание в совокупности кондиционного и двух его смежных некондиционных интервалов (г/т).

С = 1,5 г/т; М_{пл} = 8 м; М_{рт} = 8 м; МС = 12 гм/т

Полный парадокс!

	М	С	МС	С ₁	С ₂	С ₃
	висячий бок					
C=2.45, M=10.6	2,3	5,0	11,5		1,75	
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5	1,75		1,22
C=1.22, M=14.3	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
C=2.45, M=10.6	2,3	5,0	11,5		1,75	1,22
	6,0	0,5	3,0	1,75		
	2,3	5,0	11,5		1,75	
	лежачий бок					
Итого	35,5	1,96	69,5	- правильная методика		
Итого	0,0	0,0	0,0	- неправильная методика		

М - мощность интервалов по линии опробования (м); С - среднее содержание полезного компонента в интервале (г/т); МС - метрограмм интервала; С₁ - среднее содержание в прирезаемом участке со стороны лежащего бока; С₂ - среднее содержание в прирезаемом участке со стороны висячего бока; С₃ - среднее содержание в совокупности кондиционного и двух его смежных некондиционных интервалов (г/т).

С = 1,5 г/т; М_{пл} = 8 м; М_{рт} = 8 м; МС = 12 гм/т

Полный парадокс?

Нет!

Что делать

в подобных противоречивых случаях?

Геологический анализ кондиций

Геологический анализ включает изучение по вариантам кондиционных показателей:

- динамики изменения геологоразведочных параметров, вычисленных по разведочным пересечениям;
- изменений формы и морфологических характеристик рудных тел.

Изучение геологоразведочных параметров, определенных по рудным интервалам, позволяет решать следующие задачи:

- выбирать основные варианты бортовых содержаний и определять «шаг» между ними для дальнейших технико-экономических расчетов;
- выбирать оптимальные значения минимальной мощности рудного тела и максимальной мощности пустого прослоя;
- предварительно осуществлять выбор оптимального варианта бортового содержания;
- оперативно оценивать вероятные значения геологоразведочных параметров – среднее содержание, среднюю мощность рудных тел и масштаб объекта.

- К основным геологоразведочным параметрам, на которых базируется предварительный геологический анализ, относятся средние содержания полезного компонента, средние мощности рудных тел, суммарная мощность рудных интервалов и суммарный метрограмм/метропроцент (мс); количество рудных интервалов и средний метрограмм/метропроцент имеют вспомогательное значение.
- Изменение суммарной мощности рудных интервалов эквивалентно изменению запасов руды, а изменение суммарного метрограмма/метропроцента характеризует изменение запасов металла.
- Масштаб месторождения – запасы руды и металла – может быть предварительно оценен с учетом усредненных размеров зон влияния разведочных пересечений (размера ячейки сети). Данные, полученные таким способом, как правило, хорошо согласуются с результатами подсчета запасов, выполненного по обычной методике; некоторые различия возможны в случае неравномерной разведочной сети за счет разных зон влияния разведочных пересечений.

Геологоразведочные параметры по вариантам кондиционных показателей

m мин.	m пуст.п	Параметры	Варианты бортового содержания, г/т					
			0,5	0,75	1	1,25	1,5	2
1	3	число интер.	610	521	487	445	417	365
		сред. сод.	5,08	5,97	6,62	7,28	7,85	8,86
		сумм. мощн.	3432	2866	2544	2274	2075	1785
		сред. мощн.	5,63	5,5	5,22	5,11	4,98	4,89
		сумм. м.гр.	17424	17101	16832	16543	16286	15806
3	3	число интер.	475	395	359	334	318	272
		сред. сод.	5,35	6,29	7,01	7,67	8,27	9,35
		сумм. мощн.	3235	2690	2366	2123	1937	1652
		сред. мощн.	6,81	6,81	6,59	6,36	6,09	6,07
		сумм. м.гр	17293	16907	16584	16283	16013	15440
3	5	число интер.	433	361	332	315	300	257
		сред. сод.	5,34	6,24	6,99	7,72	8,33	9,4
		сумм. мощн.	3223	2700	2361	2091	1900	1621
		сред. мощн.	7,44	7,48	7,11	6,64	6,33	6,31
		сумм. м.гр	17225	16858	16495	16145	15831	15242
5	5	число интер.	358	315	283	252	235	205
		сред. сод.	5,35	6,2	6,96	7,76	8,4	9,44
		сумм. мощн.	3211	2711	2356	2060	1862	1595
		сред. мощн.	8,97	8,61	8,33	8,18	7,93	7,78
		сумм. м.гр	17162	16794	16408	15988	15650	15408

Анализ различных вариантов кондиций позволяет определить их оптимальные параметры.

Согласно «Методическим рекомендациям ГКЗ...» параметры кондиций должны удовлетворять, с одной стороны, интересам недропользователя (прибыль), а с другой – интересам государства (бюджетная эффективность) с условием максимальной полноты использования недр.

Задача в общем виде – максимально увеличить минимальную рабочую мощность и мощность пустого прослоя, не потеряв при этом значительных объемов металла в исключаемых интервалах опробования. Такое может произойти, например, при наличии рудной минерализации преимущественно в маломощных жилах. В этом случае увеличение минимальной рабочей мощности не будет оправдано. При отсутствии же рудной минерализации в маломощных жилах увеличение минимальной рабочей мощности будет экономически выгодно, т.к. происходит уменьшение объемов руды при незначительных потерях в металле.

Как правило на первом этапе анализа определяется минимальная рабочая мощность и максимальная мощность пустого прослоя, а на втором – значение бортового содержания. Для выбора бортового содержания проводятся укрупненные геолого-экономические расчеты по каждому из вариантов.

Значения вариантов бортового содержания для анализа могут находиться в широком диапазоне – от содержания полезного компонента в хвостах и до минимального промышленного содержания. Выбранные для анализа варианты должны отличаться по объемам руды на 10-15%.

В общем случае рост минимального значения рабочей мощности снижает разубоживание и потери, позволяет применять более производительную технику, т.е. увеличение рабочей мощности выгодно.

Для понимания оценки потерь и разубоживания проводится анализ запасов и содержаний по композитам, равным высоте уступа карьера.

Ограничение рабочей мощности горнотехническими условиями отработки (высотой уступа) имеет значение при пологозалегающих рудных телах.

При увеличении минимального значения рабочей мощности получаем меньшее число интервалов, которые легче увязать между собой.

В общем случае, при относительно равномерном распределении оруденения по мощностям, дополнительным контролем правильности проводимых операций является содержание полезного компонента в прирезках, добавляемых снижением значения бортового содержания..

Для определения оптимальных параметров кондиций весьма желателен краткий экономический анализ, позволяющий учесть капитальные и операционные затраты при строительстве и функционировании предприятия и в конечном итоге – основные экономические показатели деятельности.

Геологический анализ кондиций для подземной отработки проводится точно так же, после исключения из общей выборки интервалов, попавших в открытую отработку.