



ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ПРИ ПОДСЧЁТЕ ЗАПАСОВ И ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

Для различных геолого-структурных условий локализации оруденения рассмотрены традиционные классические приёмы оконтуривания рудных интервалов при подсчёте запасов и прогнозных ресурсов цветных и благородных металлов. В условиях рыночной экономики классические приёмы оконтуривания в значительной степени утрачены или подменены методами, противоречащими требованиям полноты отработки и сокращения потерь полезных ископаемых и направленными на выборочную отработку исключительно богатых руд.

Ключевые слова: прогнозные ресурсы, запасы, рудные интервалы, содержание полезного компонента, оконтуривание, мощность рудного интервала, проба.

Оконтуривание рудных интервалов по секущим выработкам, ориентированным в крест простирания рудного тела, лежит в основе любого подсчёта запасов и прогнозных ресурсов категорий P_1 и P_2 (реже P_3). Оконтуривание по мощности заключается в установлении по выработке интервала (или нескольких интервалов), по которому качество руды отвечает требованиям промышленности (кондициям для запасов или оценочным параметрам для прогнозных ресурсов). Несмотря на важность оконтуривания рудных интервалов по мощности для подсчёта запасов и прогнозных ресурсов, данная проблема в литературе освещается крайне редко и не всегда корректно. А в последнее время недропользователи активно применяют алгоритмы оконтуривания, направленные на выборочную отработку богатых руд и на исключение из добычи и переработки бедных низкорентабельных руд, но удовлетворяющих требованиям кондиций (оценочных параметров). Это противоречит политике государства в области недропользования, направленной на снижение потерь и повышение извлечения полезного ископаемого при добыче. Сложившаяся ситуация и побудила авторов к написанию настоящей статьи.

Оконтуривание рудных интервалов производится по результатам геологической документации выработок и рядового геологического опробования. При этом пересечение рудного тела выработкой с непрерывным опробованием по одной линии на полную его мощность обязательно. Критерием полноты вскрытия мощности рудного тела является выход опробования за пределы рудного интервала на величину, превышающую максимальную мощность внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемых в подсчёт запасов или прогнозных ресурсов. Длина проб должна быть соизмерима с таким показателем кондиций (оценочных параметров), как минимальная мощность рудного тела.

Голенев Владимир Борисович

доктор геолого-минералогических наук
ведущий научный сотрудник
golenev_vb@mail.ru

Куликов Данила Алексеевич

кандидат геолого-минералогических наук
заведующий отделением
минерально-сырьевой базы
kulikov@tsnigri.ru

ФГБУ Центральный
научно-исследовательский
геологоразведочный институт
цветных и благородных металлов,
г. Москва

УДК 553.043

© В.Б.Голенев, Д.А.Куликов, 2019

DOI: 10.24411/0869-5997-2019-10002

Рудные интервалы выделяются на планах опробования горных выработок м-бов 1:100–1:500, колонках по скважинам м-бов 1:50–1:100 или на поперечных разрезах м-бов 1:100–1:500. Масштаб графических приложений определяется размерами рудных тел, длиной проб, сложностью строения руд. Основным критерий при выборе масштаба – возможность отображения фактически отобранных проб самой малой длины и элементов строения руд, контролирующих распределение основного полезного и попутных компонентов, содержание которых участвует в оконтуривании рудных интервалов.

Рудные интервалы по мощности рудных тел выделяются по единой методике независимо от способа подсчёта запасов (одного из традиционных – геологическими блоками, разрезами или с применением геостатистических методов) или прогнозных ресурсов и их категории. Способы и приёмы оконтуривания по мощности зависят от наличия или отсутствия чётких геологических границ рудных тел, возможности визуального выявления геологических границ при использовании горных выработок или скважин, количества линий опробования в горных выработках при отсутствии визуальных геологических границ. В настоящее время оконтуривание по мощности возможно не только в традиционном ручном режиме, но и с помощью компьютерных технологий и программных комплексов, в основе которых лежат алгоритмы традиционного ручного оконтуривания, при условии обеспечения просмотра, проверки, корректировки исходных данных, промежуточных расчётов и построений, сводных результатов оконтуривания.

Оконтуривание рудных интервалов при наличии чётких геологических границ рудного тела с вмещающими породами и при отсутствии во вмещающих породах оруденения производится по результатам геологической документации по комплексу геологических, минералогических, структурных и других визуально устанавливаемых признаков оруденения. Возможность выделения рудных интервалов в геологических границах, выбор комплекса геолого-структурных, минералогических и других признаков, используемых для выявления геологических границ, должны быть доказаны геологической документацией, рядовым геологическим опробованием и зафиксированы в кондициях или оценочных параметрах. В особо сложных слу-

чаях для обоснования наличия геологических границ рудных тел требуются специальные тематические геологические исследования (минералогические, структурные и т. д.).

В горных выработках определение геологических границ, как правило, не составляет труда при наличии качественной детальной геологической документации, сопровождающейся данными опробования. По скважинам выделить геологические границы более сложно и не всегда удаётся из-за невозможности проводить, как в горных выработках, объёмные визуальные наблюдения особенностей геологического строения и состава вмещающих пород и руд, а также из-за нарушенности керна. Поэтому в скважинах в большей мере применяется оконтуривание рудных интервалов по данным опробования, чем в горных выработках. Не исключены случаи, когда на одном месторождении и рудном теле оконтуривание рудных интервалов по горным выработкам производится в геологических границах, а по скважинам – по данным опробования. Возможность такого «двойного» оконтуривания должна быть оговорена кондициями (оценочными параметрами).

Чёткие однозначные визуально устанавливаемые геологические границы руд с вмещающими породами характерны для ограниченного круга рудных месторождений. К ним относятся:

- жилы;
- минерализованные и жильные зоны, имеющие тектонические контакты с вмещающими породами;
- залежи массивных и полосчатых руд, линзо-, гнездо- и трубообразные тела, контакты которых визуальным образом отличаются от вмещающих пород по комплексу признаков геологического строения, минерального состава и т. д.;
- оруденелые дайки, в которых промышленное оруденение не выходит за пределы их границ во вмещающие породы;
- коры выветривания;
- рудные тела для разработки методом подземного выщелачивания золота, нижней границей которых является водоупорный горизонт, а верхней – кровля водоносного горизонта.

Геологическими границами всяческого и (или) лажачего контактов рудного тела также могут быть разрывное нарушение, контакт оруденелых и безрудных пород разного возраста и контрастного состава, границы гидротермально-метасоматических

изменений, контакт руд различного физического состояния или состава, например, перекрывающих рудное тело рыхлых четвертичных отложений и скальных руд, граница выветрелых и неизменённых руд, окисленных и сульфидных, массивных и вкрапленных. В зоне окисления чёткие границы руд могут возникнуть в результате окисления сульфидов первичных руд, образования в рудном теле новых гипергенных минералов.

Следует отметить, что при переходе от ранних стадий геологоразведочных работ к более поздним по мере накопления геологической информации о закономерностях локализации оруденения геологические критерии и признаки, по которым выделяются геологические границы рудных тел, могут изменяться (уточняться). Также не исключён переход на оконтуривание по данным опробования вместо геологических границ, и наоборот. Все эти изменения влекут за собой пересмотр кондиций или оценочных параметров.

Встречаются ситуации, когда в геологических телах с чёткими границами оруденение занимает закономерную позицию и приурочено к центральной части или контактам геологического тела. В этом случае формальное оконтуривание и подсчёт запасов или прогнозных ресурсов в геологических границах приведут к завышению количества руды и снижению содержания полезного компонента.

Комбинированные условия оконтуривания рудных интервалов применяются, когда вмещающие породы на контактах и вблизи контактов жил, минерализованных и жильных зон и других рудных тел с чёткими геологическими границами часто содержат прожилково-вкрапленную и вкрапленную минерализацию с прерывистым промышленным оруденением, которое постепенно затухает при удалении от границ рудного тела во вмещающие породы. Основная рудовмещающая структура нередко сопровождается оперяющими мелкими апофизами, в которых также присутствуют промышленные концентрации полезного компонента. В таких случаях рудные интервалы по мощности устанавливаются визуально в чётких геологических границах, а на участках развития оруденения за пределами границ – по данным рядового опробования с использованием таких показателей кондиций (оценочных параметров), как бортовое содержание металла (условного металла) в пробе (г/т или %) и максимальная мощность (м) внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд,

включаемых в подсчёт запасов или прогнозных ресурсов.

При наличии попутных компонентов их количество учитывается при оконтуривании по результатам опробования только через перевод в условное содержание основного компонента, если процедура перевода предусмотрена кондициями (оценочными параметрами). При этом содержание попутного или попутных компонентов должно быть определено, как и основного, для каждой рядовой геологической пробы.

При наличии оруденения за пределами геологического тела с чёткими границами оконтуривание рудных интервалов производится обязательно в направлении от геологических границ во вмещающие породы в приведённой ниже последовательности.

1. По геологической документации и комплексу геологических признаков и критериев выделяется рудный интервал в чётких геологических границах (основной рудный интервал).

2. За пределами основного рудного интервала во вмещающих породах по результатам рядового опробования выявляются промежуточные рудные интервалы, во всех пробах которых содержание полезного компонента (условного компонента) выше или равно бортовому. Между промежуточными рудными выделяются промежуточные безрудные интервалы, во всех пробах которых содержание полезного компонента (условного компонента) ниже бортового.

3. К основному рудному интервалу в геологических границах присоединяется промежуточный рудный интервал из вмещающих пород, выделенный по результатам опробования. Для присоединения должны соблюдаться два условия:

- расстояние между ближайшими границами промежуточного рудного интервала во вмещающих породах и основного интервала в геологических границах должно быть меньше или равно мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд;
- средневзвешенное на длины проб содержание полезного компонента (условного компонента) в присоединяемом интервале вмещающих пород, включая промежуточный рудный интервал и прослой пустых пород и некондиционных руд, должно быть не ниже бортового.

Если хотя бы одно условие не соблюдается, то промежуточный рудный интервал по вмещающим

1. ПРИМЕР ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ПО МОЩНОСТИ ПРИ НАЛИЧИИ ОРУДЕНЕНИЯ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ГРАНИЦ

Исходные пробы				Породы	Первый этап оконтуривания				Второй этап оконтуривания				Результат оконтуривания		
№*	М*	С	МС		№	М	С	МС	№	М	С	МС	М	С	МС
174	1,00	0,10	0,10	Вмещающие породы	1-2р	2,60	3,20	8,32	2-1р	4,20	2,37	9,95	11,10	1,75	19,43
175	1,10	1,79	1,97												
176	1,50	4,23	6,35												
177	0,40	0,04	0,02												
178	1,20	1,34	1,61	Минерализованная зона	Основной в геологических границах	2,30	2,68	6,16	Основной рудный	5,10	1,78	9,08	11,10	1,75	19,43
179	1,80	0,22	0,40												
180	0,80	1,19	0,95												
181	1,00	4,24	4,24												
182	0,50	1,93	0,97	Вмещающие породы	1-3б	1,50	0,55	0,82	Основной рудный	5,10	1,78	9,08	11,10	1,75	19,43
183	0,50	0,61	0,31												
184	1,00	0,51	0,51												
185	0,80	2,00	1,60												
186	0,50	1,00	0,50												
187	0,50	0,23	0,12												
188	0,50	1,27	0,64	1-4б	0,50	0,23	0,12	Основной рудный	5,10	1,78	9,08	11,10	1,75	19,43	
189	1,00	0,10	0,10												

Примечание. Здесь и далее в таблицах 2–5: №* – номер пробы; № – номер интервала; М* – длина пробы, м; М – длина интервала, м; С – содержание Au, г/т; МС – метрограмм Au; РИ – рудные интервалы.

породам не присоединяется к основному интервалу в геологических границах. Содержание полезного компонента (условного компонента) в основном интервале в геологических границах при этом не учитывается. Отдельно оценивается возможность присоединения промежуточных рудных интервалов вмещающих пород в висячем и лежащем контактах основного рудного интервала.

4. При наличии нескольких промежуточных рудных интервалов во вмещающих породах сначала оценивается возможность присоединения ближайшего из них к основному рудному интервалу в геологических границах. При положительном результате определяется возможность присоединения к новому объединённому с геологическими границами интервалу второго промежуточного рудного интервала вмещающих пород, при положительном результате – третьего и т. д. В отдельных случаях может возникнуть необходимость сначала объединить выделенные по результатам опробования промежуточные рудные интервалы во вмещающих породах (по правилам, изложенным ниже), а уже затем оценить возможность присоединения объединённого промежуточного рудного интервала к основному рудному интервалу в геологических границах.

Пример оконтуривания в геологических границах с привлечением данных опробования при наличии промышленного оруденения за пределами визуально устанавливаемых геологических границ приведён в табл. 1. Основной рудный интервал в геологических границах представлен пробами 180–182. Это минерализованная золоторудная зона с тектоническими контактами, которые обнаруживаются визуально при геологической документации. По результатам опробования по бортовому содержанию Au 1,0 г/т также выделены по два промежуточных рудных интервала – выше и ниже минерализованной зоны. Кондициями (оценочными параметрами) предусмотрена максимальная мощность прослая пустых пород и некондиционных руд (3,0 м), включаемых в рудное тело. Расстояние между верхней границей основного рудного интервала и нижней границей ближайшего первого промежуточного рудного интервала < 3,0 м. Однако средневзвешенное содержание золота объединённого интервала 1-1б–1-1р ниже бортового, поэтому присоединять интервал 1-1р к основному нельзя.

Далее проверяем возможность объединения промежуточных рудных интервалов 1-1р и 1-2р. Расстояние между ними < 3,0 м. Содержание золота в

каждом из объединённых интервалов 1-1р–1-2б и 1-2р–1-2б $>1,0$ г/т, поэтому объединяем в промежуточный рудный интервал 2-1р интервалы 1-2р, 1-1б и 1-1р. После этого оцениваем возможность присоединения промежуточного рудного интервала 2-1р к основному рудному и получаем положительный результат, так как длина интервала 2-1б $<3,0$ м, а средневзвешенное содержание золота в интервале 2-1б–2-1р $>1,0$ г/т.

Ниже основного интервала во вмещающих породах выделяется промежуточный рудный интервал 1-3р, который по всем критериям присоединяется к основному рудному интервалу в геологических границах. Длина интервала 1-3б $<3,0$ м, средневзвешенное содержание золота в интервале 1-3б вместе с интервалом 1-3р $>1,0$ г/т. Промежуточный рудный интервал 1-4р не может быть присоединён к основному рудному интервалу, поскольку средневзвешенное суммарное содержание в интервалах 1-4р и 1-4б $<1,0$ г/т.

Оконтуривание рудных интервалов по результатам опробования распространено на месторождениях, где: переход от промышленных руд к пустым породам постепенный, а руды визуально не отличаются от вмещающих пород даже в горных выработках; в геологических телах с чёткими границами оруденение приурочено к центральной части или контактам геологического тела. В этих условиях основной способ выделения границ рудного тела по мощности – оконтуривание рудных интервалов по результатам рядового опробования с учётом бортового содержания полезного компонента (условного компонента) в пробе, максимальной мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемых в рудное тело. При подсчёте запасов и прогнозных ресурсов с применением коэффициента рудоносности дополнительно используется параметр минимальная мощность рудного интервала или минимальный метрограмм (метропроцент) рудного интервала (произведение бортового содержания и минимальной мощности рудного интервала).

В литературе [1, 3, 4] приводится следующее описание оконтуривания рудных интервалов по результатам опробования. Основной операцией формирования рудных интервалов является последовательное присоединение к основному рудному интервалу второстепенных с учётом содержания полезного компонента в разделяющих их некондиционных интервалах. Если его содержание

в приращиваемом контуре выше или равно бортовому, то контур включается в основной рудный интервал. Это описание не вполне корректное, так как не даёт чёткого определения, что считать основным рудным интервалом и как поступать в случае, когда содержание в рудном интервале, который принят за основной, вместе с безрудным интервалом оказывается ниже бортового.

Основное правило оконтуривания по мощности по результатам опробования – это приоритет выделения рудных интервалов над выделением прослоев пустых пород и некондиционных руд.

Алгоритм оконтуривания рудных интервалов по результатам рядового опробования секущего пересечения (горная выработка, скважина) при отсутствии чётких геологических границ приведён ниже. Пример использования алгоритма на золоторудном месторождении показан в табл. 2: бортовое содержание Au в пробе 0,50 г/т, максимальная мощность внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемых в рудное тело, 5,0 м.

Предварительный этап выполняется в двух случаях.

А) При наличии попутных компонентов. Если условиями или оценочными параметрами предусмотрено оконтуривание по пересечению по бортовому содержанию условного компонента, то для каждой пробы пересечения вычисляется содержание условного компонента. Для этого к содержанию основного компонента в пробе прибавляется содержание каждого попутного компонента в той же пробе, умноженное на соответствующий переводной коэффициент. Переводные коэффициенты и минимальные содержания попутных компонентов, учитываемые при переводе в условный компонент, должны быть зафиксированы условиями или оценочными параметрами. Порядок их определения регламентируется Методическими рекомендациями ГКЗ [2].

Б) Пробы пересечения расположены не на одной прямой линии или ориентировка проб не совпадает с направлением, которое задано в условиях или оценочных параметрах для минимальной мощности рудного интервала и максимальной мощности прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемых в рудное тело. Для придания каждой пробе одинакового веса при вычислениях на длину пробы вводится соответствующая поправка. Поправка рассчитывается для каждого прямоли-

2. ПРИМЕР ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЯДОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

Исходные пробы			Первый этап			Второй этап						Третий этап			РИ									
№*	M*	C	MC	Первая стадия			Вторая стадия			Завершающая стадия			Первая стадия											
				№	M	C	MC	№	M	C	MC	№	M	C	MC	№	M	C	MC					
501037	2,00	0,01	0,02																					
501038	2,00	2,75	5,50	1-1p	2,00	2,75	5,50																	
501039	2,00	0,40	0,80	1-16	4,00	0,35	1,40	2-1-1p	7,50	1,13	8,49	2-2-1p	7,50	1,13	8,49	2-1p	7,50	1,13	8,49	3-1p	7,50	1,13	8,49	1
501040	2,00	0,30	0,60	1-2p	1,50	1,06	1,59																	
501041	1,50	1,06	1,59																					
501042	1,50	0,47	0,71																					
501044	2,00	0,01	0,02	1-26	7,50	0,19	1,41	2-1-16	7,50	0,19	1,41	2-2-16	7,50	0,19	1,41	2-16	7,50	0,19	1,41	3-16	7,50	0,19	1,41	
501045	2,00	0,01	0,02																					
501046	2,00	0,33	0,66	1-3p	2,00	0,77	1,54																	
501049	2,00	0,77	1,54																					
501050	2,00	0,48	0,96	1-36	3,80	0,38	1,46	2-1-2p	8,70	0,75	6,56	2-2-2p	8,70	0,75	6,56	2-2p	8,70	0,75	6,56					
501051	1,80	0,28	0,50	1-4p	2,90	1,23	3,56																	
501052	0,90	2,84	2,56																					
501053	2,00	0,50	1,00	1-46	1,70	0,07	0,12	2-1-26	1,70	0,07	0,12	2-2-26	1,70	0,07	0,12					3-2p	18,00	0,76	13,67	2
501054	1,70	0,07	0,12																					
501055	1,00	0,51	0,51	1-5p	2,00	0,61	1,22	2-1-3p	2,00	0,61	1,22	2-2-3p	2,00	0,61	1,22	2-26	4,80	0,28	1,36					
501056	1,00	0,71	0,71	1-56	1,10	0,02	0,02	2-1-36	1,10	0,02	0,02	2-2-36	1,10	0,02	0,02									
501057	1,10	0,02	0,02																					
501058	2,00	1,20	2,40	1-6p	4,50	1,28	5,75	2-1-4p	4,50	1,28	5,75	2-2-4p	4,50	1,28	5,75	2-3p	4,50	1,28	5,75					
501059	1,30	1,55	2,02																					
501060	1,20	1,11	1,33																					
501061	1,40	0,02	0,03	1-66	6,70	0,26	1,77	2-1-46	6,70	0,26	1,77	2-2-46	6,70	0,26	1,77									
501062	1,30	0,29	0,38																					
501063	2,00	0,31	0,62																					
501064	2,00	0,37	0,74	1-7p	2,00	0,58	1,16	2-1-5p	2,00	0,58	1,16	2-2-5p	2,00	0,58	1,16	2-36	11,15	0,27	3,03	3-26	11,15	0,27	3,03	
501065	2,00	0,58	1,16																					
501066	1,70	0,05	0,08	1-76	2,45	0,04	0,10	2-1-56	2,45	0,04	0,10	2-2-56	2,45	0,04	0,10									
502029	0,75	0,03	0,02																					

нейного участка линии опробования или пробы отдельно по формуле Леонтовского в зависимости от наклона (зенитного угла) линии опробования, её азимута в плане и угла падения рудного тела. В дальнейшем оконтуривании участвуют только исправленные длины проб.

На *первом этапе* выделяются два типа интервалов: рудный – содержание полезного компонента во всех пробах равно или выше бортового (в примере 0,50 г/т и более); безрудный – содержание полезного компонента во всех пробах ниже бортового (в примере <0,50 г/т). Каждый рудный и безрудный интервал может быть представлен одной или несколькими пробами. Для каждого рудного и безрудного интервала определяются его длина (как сумма длин проб в интервале), среднее содержание полезного компонента (как средневзвешенное на длину проб в интервале), метрограмм или метропроцент.

Второй этап подразделяется на несколько стадий. На первой стадии проверяется возможность объединения двух соседних рудных интервалов и безрудного интервала между ними в один. Объединение интервалов производится при соблюдении трёх условий:

- длина безрудного интервала между двумя рудными равна или меньше максимальной мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд;
- средневзвешенное на длины проб содержание полезного компонента первого рудного интервала и безрудного интервала между объединяемыми рудными равно или выше бортового;
- средневзвешенное на длины проб содержание полезного компонента второго рудного интервала и безрудного интервала между объединяемыми рудными равно или выше бортового.

Если не соблюдается хотя бы одно из указанных условий, объединение соседних рудных интервалов не производится.

Сначала проверяется возможность объединения первого и второго рудных интервалов в пересечении. При положительном результате эти интервалы объединяются в один вместе с прослоем пустых пород и некондиционных руд между ними. Длина объединённого интервала равняется сумме длин проб в нём. Содержание полезного компонента в объединённом интервале определяется средневзвешенным на длины проб интервала способом. Далее выясняется можно ли присоединить к ново-

му объединённому рудному интервалу третий, и так до тех пор, пока объединение рудных интервалов становится невозможным. После этого проверяется возможность объединения в один интервал не присоединённого и следующего за ним рудных интервалов, и так до конца пересечения. При данном алгоритме выделение основного и второстепенных рудных интервалов не требуется.

В рассматриваемом примере на первой стадии этапа объединяются первый (1-1р) и второй (1-2р) рудные интервалы. Присоединение к новому объединённому интервалу рудного 3 (1-3р) невозможно. Далее проверяется возможность объединения рудных интервалов 3 (1-3р) и 4 (1-4р). Получаем положительный результат. Присоединить к новому интервалу рудный интервал 5 (1-5р) невозможно. Проверяем возможность объединения рудных интервалов 5 (1-5р) и 6 (1-6р), и так далее до конца пересечения. В результате на первой стадии второго этапа получаем по пересечению девять новых рудных интервалов, разделённых восьмью безрудными.

На второй и последующих стадиях второго этапа производится объединение новых рудных интервалов, полученных на первой стадии, с учётом соблюдения все тех же трёх условий до тех пор, пока объединение всех соседних рудных интервалов в пересечении становится невозможным. При значительной мощности рудных интервалов и сложном неравномерном распределении полезного компонента на этапе может быть до пяти стадий объединения. В нашем примере всё ограничивается двумя стадиями.

На завершающей стадии этапа проверяется длина безрудных интервалов на соответствие максимальной мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд. При этом могут быть два варианта.

А) Длина безрудного интервала между двумя рудными меньше, чем максимальная мощность внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, но объединение рудных интервалов невозможно из-за содержания полезного компонента (условного компонента), которое ниже бортового. В этом случае один из двух рудных интервалов подлежит исключению – включается в прослой пустых пород и некондиционных руд. Какой рудный интервал оставлять, решается на основании геологических признаков, контролирующих положение рудного тела в плане и разрезе. При этом

необходимо избегать контуров, которые занимают текущее положение по отношению к элементам геологического строения, контролирующим распределение полезного компонента. При отсутствии геологических признаков используется критерий прямолинейности и логичности границ рудного тела между соседними пересечениями в плане и разрезе. Если и этот критерий «не работает», то исключается интервал с меньшим метрограммом (метропроцентом) полезного компонента (условного компонента). В нашем примере производится объединение в пустой прослой дважды: в прослой 2-2б объединяются интервалы 2-2-2б, 2-2-3р, 2-2-3б; в прослой 2-3б – интервалы 2-2-4б, 2-2-5р, 2-2-5б.

Б) Мощность всех безрудных интервалов больше, чем максимальная мощность внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд. В этом случае процесс оконтуривания по мощности заканчивается.

Если мощность хотя бы одного нового объединённого безрудного интервала остаётся меньше максимальной мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд, то переходим к *третьему этапу*. На этом этапе объединяем рудные интервалы по методике, идентичной методике на второй, а потом и на завершающей стадии второго этапа. По результатам третьего этапа решается вопрос о целесообразности проведения четвёртого и других этапов оконтуривания. В примере длина нового безрудного интервала 2-2б < 5 м. Поэтому проверяем возможность объединения рудных интервалов 2-2р и 2-3р, при положительном результате получаем новый объединённый интервал 3-2р. Длина нового безрудного интервала 2-3б > 5 м, следовательно, объединение интервалов 3-2р и 2-4р невозможно.

В примере оконтуривание завершается первой стадией третьего этапа. Получаем четыре рудных интервала: 1-й в границах проб 501038–501041, 2-й – 501049–501060, 3-й – 502030–502034, 4-й – 502045–502065.

Завершающий этап требуется только при подсчёте запасов или прогнозных ресурсов с применением коэффициента рудоносности. В этом случае, когда все возможности по объединению рудных интервалов исчерпаны, производим проверку выделенных рудных интервалов на соответствие минимальной мощности рудного интервала, а при меньшей мощности – на соответствие минималь-

ному метрограмму (метропроценту) полезного компонента (условного компонента). По результатам проверки исключаются те рудные интервалы, мощность и метрограмм (метропроцент) для которых одновременно менее минимального значения, предусмотренного условиями (оценочными параметрами). Такие интервалы не учитываются в подсчёте запасов или прогнозных ресурсов с применением коэффициента рудоносности. Если подсчёт запасов или прогнозных ресурсов проводится без коэффициента рудоносности, то исключать рудные интервалы по мощности и метрограмму (метропроценту) не требуется, так как внутри рудного тела могут быть пересечения с некондиционными мощностями и метрограммами (метропроцентами). Параметр минимальной мощности рудного интервала в этом случае начинает «работать» на стадии оконтуривания запасов или прогнозных ресурсов по падению и простиранию рудного тела.

Ниже перечислены основные ошибки, встречающиеся при оконтуривании рудных интервалов по данным опробования.

1. Присоединение интервалов с содержанием полезного компонента (условного компонента) ниже бортового. В результате некондиционные руды при подсчёте запасов или прогнозных ресурсов учитываются как кондиционные, снижается содержание полезного компонента (условного компонента), увеличивается количество руды.

Так, в рассматриваемом примере (см. табл. 2) ошибкой является присоединение на первой стадии второго этапа интервалов 1-7р и 1-8б к интервалу 1-8р, поскольку среднее содержание золота в объединённых интервалах 1-7р и 1-8б ниже бортового 0,50 г/т.

2. Приоритет отдаётся не оконтуриванию рудных интервалов, а выделению прослоев пустых пород и некондиционных руд. Это приводит к отнесению при подсчёте запасов или прогнозных ресурсов бедных, но кондиционных руд к некондиционным, усложняет морфологию рудных тел, снижает сплошность руд, противоречит требованиям полноты оценки и разработки недр, способствует увеличению потерь при добыче и выборочной разработке богатых руд. В то время как подсчёт в условиях российской системы оценки должен быть направлен на обеспечение максимального использования недр, максимальной производительности горнодобывающего предприятия, упрощение горнотехнических условий отработки. В связи с этим

3. ПРИМЕР ПРАВИЛЬНОГО ОКОНТУРИВАНИЯ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРОБОВАНИЯ С УЧЁТОМ ВНУТРИ РУДНОГО ПРОСЛОЯ ПУСТЫХ ПОРОД И НЕКОНДИЦИОННЫХ РУД

Исходные пробы				Первый этап				Второй этап								РИ
								Первая стадия				Вторая стадия				
№*	М*	С	МС	№	М	С	МС	№	М	С	МС	№	М	С	МС	
502073	2,30	0,10														
502074	2,10	0,79	1,66	1-1р	3,60	2,23	8,01	2-1-1р	3,60	2,23	8,01	2-1р	20,70	1,21	25,12	1
502075	1,50	4,23	6,35													
502076	2,10	0,03	0,06	1-16	4,10	0,03	0,14	2-1-16	4,10	0,03	0,14					
502077	2,00	0,04	0,08													
502078	1,20	1,34	1,61	1-2р	1,20	1,34	1,61	2-1-2р	13,00	1,31	16,97					
502079	1,80	0,22	0,40	1-26	1,80	0,22	0,40									
502080	2,00	1,19	2,38													
502081	2,00	4,24	8,48	1-3р	10,00	1,496	14,96									
502082	2,00	0,93	1,86													
502083	2,00	0,61	1,22													
502084	2,00	0,51	1,02													
502085	2,00	0,02														

при оконтуривании по мощности приоритет должен отдаваться выделению рудных интервалов максимального размера и рудных тел простой морфологии, а не разделению единой относительно простой рудной залежи на несколько мелких более сложных, нередко направленному исключительно на выборочную отработку наиболее богатых участков, а не на полное использование недр.

Эту ошибку проиллюстрируем на примере (табл. 3) при бортовом содержании Au в пробе 0,50 г/т и максимальной мощности внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд 5 м. Ошибочно объединение в один пустой прослой интервалов 1-16, 1-2р, 1-26 со средним содержанием Au ниже бортового 0,50 г/т, суммарной длиной более мощности пустого прослоя 5 м и получение в итоге двух неправильных рудных интервалов, включающих пробы 502074–502075 и 502080–502084. Такая процедура оконтуривания неверна, так как в первую очередь необходимо проверять возможность объединения соседних рудных интервалов, а не прослоев пустых пород и некондиционных руд. Правильно объединить интервал 1-2р с интервалом 1-3р. В результате правильного оконтуривания вместо двух получаем один рудный интервал от пробы 502074 до пробы 502084 включительно.

На рис. 1 приведён пример оконтуривания с приоритетом выделения рудных интервалов (последовательные шаги 1–7) и пустых прослоев (шаг

8). Последовательными пошаговыми действиями 1–7 выделяется рудный интервал длиной 8 м с содержанием золота 1,2 г/т. Если отдать приоритет простому прослою и выделить некондиционные руды длиной 4 м с содержанием 0,95 г/т, то эти действия приведут к тому, что оставшиеся два интервала длиной по 2 м с содержанием 1,45 г/т также переходят в разряд некондиционных по минимальному метрограмму. То есть методика оконтуривания с приоритетом выделения пустых прослоев переводит кондиционные, но бедные руды в разряд некондиционных и не отвечает требованиям полноты отработки недр.

3. Использование разных значений бортового содержания при оконтуривании одного и того же типа руд в одном рудном теле, блоке, выработке. Этот приём приводит к повышению содержания полезного компонента (условного компонента) в пересечениях и блоках, переводу некондиционных руд в промышленные в результате исключения из пересечений наиболее бедных краевых проб, содержание которых отвечает установленному бортовому.

4. Оконтуривание на минимальную мощность рудного интервала, которая устанавливается условиями или оценочными параметрами исходя из минимально допустимой ширины очистного пространства. При этом игнорируется наличие для кондиций (оценочных параметров) требования к мини-

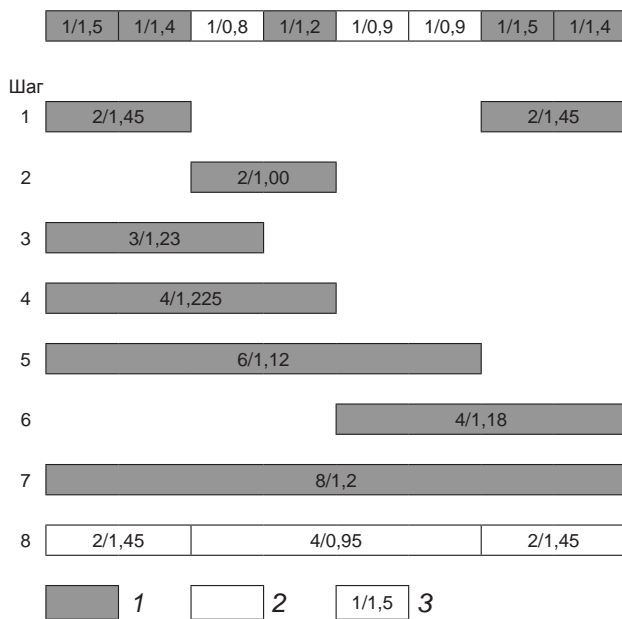


Рис. 1. ПРИМЕР ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ:

1 – руда; 2 – порода; 3 – интервал опробования: длина пробы (м)/содержание Au (г/т); параметры кондиций: бортовое содержание Au в пробе 1,0 г/т, минимальная мощность рудного интервала 3,0 м, максимальная мощность внутри рудного прослоя 3,0 м, минимальный метрограмм 3,0

мальному метрограмму (метропроценту) рудного интервала. Контур рудного интервала проводится с таким расчётом, чтобы его длина была равна или превышала минимальную мощность. При этом неизбежно нарушается правило бортового содержания в краевой пробе, завышаются мощность рудного тела и количество руды, занижается содержание полезного компонента (условного компонента).

5. Оконтуривание по мощности с прессовкой рудных интервалов, когда:

- участки пустых пород, разъединяющие пробы с содержанием равным и выше бортового, полностью исключаются из подсчёта запасов или прогнозных ресурсов, даже если их протяжённость меньше такого показателя кондиций (оценочных параметров), как максимальная мощность прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемого в рудное тело, а содержание полезного компонента (условного компонента) в рудном и безрудном интервалах в сумме выше бортового – в результате завышается содержание полезного компонента (условного компонента) и занижается количество руды;

- прослой пустых пород включаются в рудный интервал, даже если их протяжённость больше такого показателя кондиций, как максимальная мощность прослоя пустых пород и некондиционных руд, включаемого в рудное тело, – в результате занижается содержание полезного компонента (условного компонента) и завышается количество руды.

Прессовка рудных интервалов приводит к объединению мелких рудных тел с крупными, искажению морфологии, условий залегания и строения рудных тел.

Оконтуривание при наличии в пересечении нескольких линий опробования производится с учётом всех проб и геологических особенностей, контролирующих распределение рудной минерализации на участке оконтуривания. Игнорирование геологических факторов контроля оруденения и формальное проведение контура по крайним пробам с бортовым содержанием при наличии нескольких линий опробования в пересечении может привести к искажению мощности, морфологии и условий залегания рудного тела, ошибкам определения содержания полезного компонента.

В предлагаемом примере (рис. 2, табл. 4) по стенке секущей горной выработки вскрывается минерализованная золоторудная зона без чётких геологических границ. При геологической документации по выработке установлена субвертикальная ориентировка прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, контролирующей распределение золота. По стенке выработки отобраны три линии рядовых бороздовых проб длиной 1 м каждая. Бортовое содержание Au (условного золота) в пробе для оконтуривания рудных интервалов по мощности 0,80 г/т. При формальном подходе к оконтуриванию без учёта геологических факторов контроля оруденения и без объединения параметров сопряжённых рядовых проб можно получить рудный интервал, включающий пробы 13, 17, 21, который занимает секущее положение по отношению к элементам строения минерализованной зоны, контролирующим распределение золота, не только в рассматриваемой выработке, но и в смежных пересечениях. После усреднения содержания золота по сопряжённым рядовым пробам получаем рудный интервал, включающий пробы 11, 12, 13, 16, 17, 18, 21, 22 и 23, занимающий согласное положение по отношению к ориентировке прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации. Длина

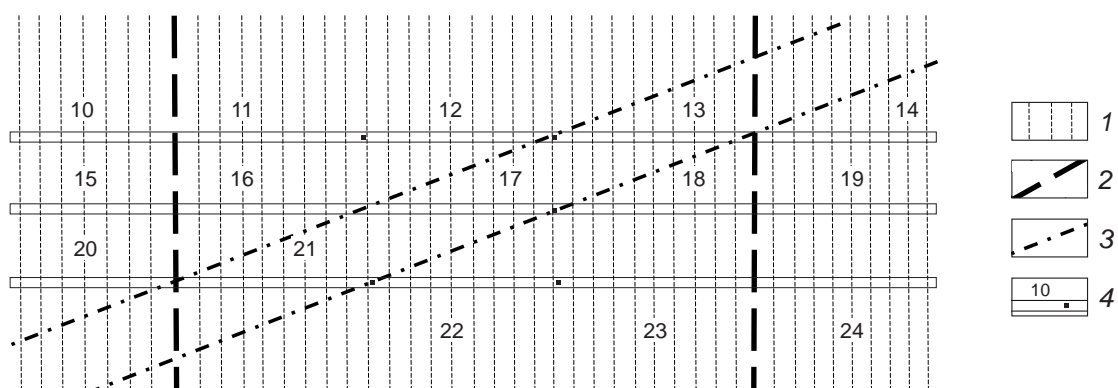


Рис. 2. ПРИМЕР ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНОГО ИНТЕРВАЛА ПО ТРЁМ ЛИНИЯМ ОПРОБОВАНИЯ СТЕНКИ СЕКУЩЕЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ:

1 – ориентировка прожилково-вкрапленной минерализации, контролирующей распределение золота; границы рудного интервала: 2 – с учётом ориентировки прожилково-вкрапленной минерализации, 3 – без учёта ориентировки; 4 – рядовые бороздовые пробы, их номера

этого интервала 3 м, содержание Au 0,96 г/т. При формальном оконтуривании средняя мощность рудного интервала 1 м, содержание Au 1,6 г/т.

В примере (рис. 3, табл. 5) рассматривается оконтуривание рудного интервала с учётом особенностей строения аналогичной минерализованной золоторудной зоны по результатам рядового бороздового опробования двух стенок секущей горной выработки. Бортовое содержание Au в пробе для оконтуривания рудных интервалов 1,0 г/т. При формальном подходе к оконтуриванию без учёта геологических факторов контроля оруденения и без объединения параметров рядовых проб по противоположным стенкам выработки можно получить рудный интервал, включающий пробы 104 по одной стенке и 108, 109 по другой. Этот интервал занимает секущее положение по отношению к элементам строения минерализованной зоны, контролирующей

распределение золота, его мощность 1,5 м, содержание Au 2,03 г/т. После усреднения содержания золота по рядовым пробам из противоположных стенок получаем рудный интервал, включающий пробы 103, 104 на одной и 109, 110 на другой стенках. Интервал занимает согласное положение по отношению к ориентировке прожилково-вкрапленной сульфидной минерализации, его мощность 2 м, содержание Au 1,60 г/т.

Результаты оконтуривания сводятся в таблицы вычисления параметров рудных интервалов (в формате Microsoft Excel с сохранением всех формул, применённых при вычислениях, что облегчает проведение проверки и внесение корректив при прохождении государственной экспертизы запасов или апробации прогнозных ресурсов). Мощность каждого интервала равна сумме длин проб в нём. Содержание основного и попутных компонентов в

4. ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ С УЧЁТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ЗОНЫ ПРИ НАЛИЧИИ НЕСКОЛЬКИХ ЛИНИЙ РЯДОВОГО ОПРОБОВАНИЯ ПО СТЕНКЕ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Первая линия опробования				Вторая линия опробования				Третья линия опробования				Среднее по трём линиям			
№*	М*	С	МС	№*	М*	С	МС	№*	М*	С	МС	№*	М*	С	МС
10	1,00	0,30	0,30	15	1,00	0,50	0,50	20	1,00	0,40	0,40	10-15-20	1,00	0,40	0,40
11	1,00	0,70	0,70	16	1,00	0,70	0,70	21	1,00	1,50	1,50	11-16-21	1,00	0,97	0,97
12	1,00	0,60	0,60	17	1,00	2,00	2,00	22	1,00	0,60	0,60	12-17-22	1,00	1,07	1,07
13	1,00	1,30	1,30	18	1,00	0,50	0,50	23	1,00	0,70	0,70	13-18-23	1,00	0,83	0,83
14	1,00	0,10	0,10	19	1,00	0,20	0,20	24	1,00	0,20	0,20	14-19-24	1,00	0,17	0,17
Сумма	1,00		1,30		1,00		2,00		1,00		1,50		3,00		2,87
Среднее	1,00	1,30			1,00	2,00			1,00	1,50			3,00	0,96	

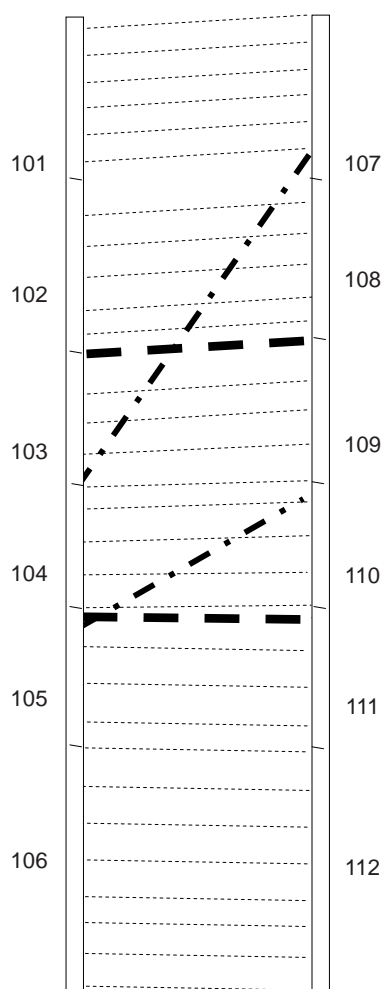


Рис. 3. ПРИМЕР ОКОНТУРИВАНИЯ РУДНОГО ИНТЕРВАЛА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРОБОВАНИЯ ДВУХ СТЕНК СЕКУЩЕЙ ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ:

усл. обозн. см. рис. 2

рудном интервале определяется средневзвешенным на длины проб способом. В таблицах рудные интервалы группируются по пересечениям, горизонтам, прослеживающим выработкам (штольням, штрекам, восстающим), разведочным (поисковым) профилям, типам руд, блокам, рудным телам и т. д.

Отклонения от кондиций и оценочных параметров при оконтуривании рудных интервалов при подсчёте запасов и прогнозных ресурсов геометризованными рудными телами допускаются в отдельных случаях в виде исключения для соблюдения сплошности рудных тел по падению и простиранию. Все случаи оговариваются в текстовой части подсчёта запасов или прогнозных ресурсов, должны быть единичными, а не иметь систематический характер.

Бортовое содержание не соблюдается, если по пересечению отсутствуют пробы с содержанием равным или выше бортового. В этом случае рудный интервал выделяется по пробам с содержанием ниже бортового. Суммарная длина таких проб должна быть равна или несколько превышать минимальную мощность рудного тела, которая предусмотрена кондициями или оценочными параметрами. Основные критерии для выбора некондиционных проб для включения в рудный интервал: геологически логичные границы рудного тела с учётом его положения в смежных пересечениях; прямолинейное или плавно изменяющееся положение границ рудного тела; максимальное содержание полезного компонента (условного компонента).

Бортовое содержание и максимальная мощность внутри рудного прослоя пустых пород и некондиционных руд могут не соблюдаться как исключение на непротяжённых, представленных од-

5. ОКОНТУРИВАНИЕ РУДНЫХ ИНТЕРВАЛОВ С УЧЁТОМ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ МИНЕРАЛИЗОВАННОЙ ЗОНЫ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОПРОБОВАНИЯ ДВУХ СТЕНК ГОРНОЙ ВЫРАБОТКИ

Первая стенка				Вторая стенка				Среднее по двум стенкам			
№*	М*	С	МС	№*	М*	С	МС	№*	М*	С	МС
101	1,00	0,10	0,10	107	1,00	0,10	0,10	101-107	1,00	0,10	0,10
102	1,00	0,30	0,30	108	1,00	1,10	1,10	102-108	1,00	0,70	0,70
103	1,00	0,50	0,50	109	1,00	2,00	2,00	103-109	1,00	1,25	1,25
104	1,00	3,00	3,00	110	1,00	0,90	0,90	104-110	1,00	1,95	1,95
105	1,00	0,20	0,20	111	1,00	0,40	0,40	105-111	1,00	0,30	0,30
106	1,00	0,10	0,10	112	1,00	0,10	0,10	106-112	1,00	0,10	0,10
Сумма	1,00		3,00		2,00		3,10		2,00		3,20
Среднее	1,00	3,00			2,00	1,55				1,60	

ним пересечением, участках сближения субпараллельных рудных тел, которые могут быть объединены по этим показателям в один рудный интервал. Для разделения такого рудного интервала на два для соблюдения сплошности рудных тел по падению и простиранию приходится одну-две пробы с содержанием равным или выше бортового включать в пустой прослой. Основные критерии для выбора рудных проб для включения в пустой прослой: геологически логичные границы рудных тел с учётом их положения в смежных пересечениях; прямолинейное или плавно изменяющееся положение границ рудных тел; минимальное содержание полезного компонента (условного компонента) в пробе. Отклонения должны быть только для единичных пересечений. Если такая ситуация наблюдается для нескольких сопряжённых пересечений, то производится объединение двух тел в одно и участок объединения выделяется в отдельный блок.

При подсчёте запасов и прогнозных ресурсов с применением коэффициента рудоносности от-

клонения от показателей кондиций и оценочных параметров при оконтуривании рудных интервалов по результатам опробования не допускаются.

Таким образом, рудные интервалы выделяются по единой методике независимо от способа подсчёта запасов (как традиционными для Российской Федерации полигональными, так и нетрадиционными с применением геостатистики методами) или прогнозных ресурсов и их категории. Способы и приёмы оконтуривания рудных интервалов зависят только от наличия или отсутствия чётких геологических границ рудных тел, возможности визуального выявления геологических границ при использовании горных выработок или скважин и количества линий опробования в горных выработках при отсутствии визуальных геологических границ. Оконтуривание рудных интервалов не должно способствовать выборочной отработке богатых руд, приоритет должен отдаваться соблюдению принципов полноты использования недр и сокращения потерь при добыче.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карпенко И.А., Куликов Д.А., Черемисин А.А., Голнев В.Б. К вопросу о методике выделения рудных интервалов при подсчете запасов // Маркшейдерия и недропользование. 2009. № 1. С. 7–18.
2. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). – М.: ГКЗ РФ, 2007.
3. Руководство по методам разведки и подсчету запасов золоторудных месторождений / Под ред. Г.П.Воларовича. – М.: НИГРИзолото, 1956.
4. Шумилин М.В., Викентьев А.В. Подсчет запасов урановых месторождений. – М.: Недра, 1982.

ORE INTERVAL DELINEATION IN RESERVE AND INFERRED RESOURCE ESTIMATION

V.B.Golenev, D.A.Kulikov
(FSBI Central Research Institute of Geological Prospecting for Base and Precious Metals, Moscow)

Traditional classical ore interval delineation techniques in base and precious metal reserves and inferred resources estimation are considered for various geological and structural mineralization localization conditions. In a market economy, classical delineation techniques were mostly lost or replaced by methods contradictory to overall mining and mineral loss reduction requirements, and focused on selective mining of only high-grade ores.

Keywords: inferred resources, reserves, ore intervals, ore grade, delineation, ore interval thickness, sample.

