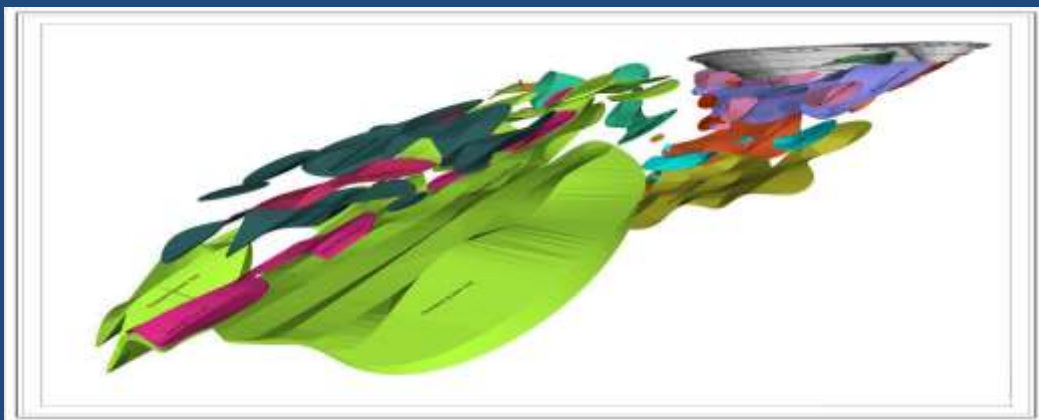


Опыт государственной экспертизы подсчета запасов твердых полезных ископаемых и ТЭО кондиций, выполненных с использованием геостатистических методов



Скруйбите Р.А.
Акифьева А.Д.
к.г.-м.н. Гиль В.А.

2016 г.

- В практике недропользования широкое развитие получило применение горно-геологических информационных систем
- Наряду с традиционным методом подсчета запасов на Государственную экспертизу предоставляются материалы с использованием блочного моделирования
 - 90 % ТЭО кондиций выполняется с помощью различных программных продуктов



- ФБУ «ГКЗ» были разработаны «Рекомендации к составу и правилам оформления представляемых на государственную экспертизу материалов по технико-экономическому обоснованию условий и подсчету запасов твердых полезных ископаемых с использованием блочного моделирования на месторождениях различного морфологического типа»;

- Рекомендации утверждены Протоколом № 6 от 10.02.2015 г. Министерством природных ресурсов и экологии РФ.



Основные положения Рекомендаций

- Сравнение традиционного подсчета и подсчета геостатистическими методами
- Критерии качества блочных моделей
- Типы месторождений твердых полезных ископаемых по морфологическим особенностям строения рудных тел
- Кондиционные показатели для оконтуривания оруденения при геостатистическом моделировании
- Требования к представлению блочных моделей при подготовке ТЭО и подсчете запасов
- Алгоритмы категоризации запасов при геостатистическом подсчете
- Описание признаков при наличии которых использование геостатистических методов становится не эффективным
- Примеры по результатам апробации кондиционных показателей на месторождениях различных морфологических типов
- Требования к программному обеспечению
- Стандартные процедуры представления геологоразведочных данных при проведении международного аудита

Варианты применения блочной модели в отчетах ТЭО и подсчета запасов, представленных на госэкспертизу

- Повариантный подсчет запасов в виде блочной модели
- Блочное моделирование как способ контрольного подсчета запасов
- Блочное моделирование как способ основного подсчета запасов
- Блочное моделирования для оптимизации проектного карьера

Программное обеспечение

Определение подсчетных площадей:

Corel Draw
MapInfo
AutoCAD
Micromine
Gems
Surfer
ArcGIS и др.

Блочное моделирование:

Datamine
Micromine
Surpac
Gems
и др.

Оптимизация контура проектного карьера:

Datamine Studio 3
Gemcom Whittle
NPV Scheduler и др.

Методические приемы

- Блочное моделирование в объеме рудных тел оконтуренных по традиционной методике – «жестких» каркасах (подсчитанные запасы близки к запасам, подсчитанным с помощью традиционных методов).
Бортовое содержание – содержание в крайней пробе
- Блочное моделирование в объеме рудных тел оконтуренных по низкому «природному» борту – «свободных» каркасах («cut off grade» – минимальное содержание в блоке блочной модели)

Примеры использования блочного моделирования в практике прохождения государственной экспертизы Медно-порфировое месторождение

- Линейный крутопадающий штокверк (3200*600 м) со сложным внутренним строением
- Повариантный подсчет запасов произведен по 3 вариантам бортовых содержаний меди (0,2; 0,25; 0,3 %) с использованием блочного моделирования. Основной подсчет запасов выполнен методом вертикальных разрезов
- Выделение интервалов и оконтуривание рудных зон при повариантном подсчете выполнялось по традиционной методике с использованием “жестких” каркасов, расчет средних содержаний производился через блочную модель
- Коэффициент рудоносности учтен с использованием одной из модификаций индикаторного кригинга
- Основная интерполяция – методом обратных расстояний и ординарным кригингом
- Блок блочной модели – 30 x 30 x 10, субблок – до 2.5 x 2.5 x 2.5 м, эллипсоид – 100 x 100 x 50 м. 3 прогона – 1 R; 2,5 R; 5 R
- Результат экспертизы – утверждены временные кондиции и запасы

СЛАЙД 9

Сопоставление запасов медно-порфирирового месторождения, подсчитанных с использованием блочной модели с запасами, подсчитанными традиционным способом

Сопоставление показало хорошую сходимость по основным компонентам (Cu; Au). По попутным компонентам (Mo; Ag) имеются существенные расхождения (до 20 %), что объясняется недостаточным количеством используемых данных (не проводилось групповое опробование и т.д.)

Таблица 1

Разница, %	Запасы руды, тыс.т	Среднее содержание				Запасы полезных компонентов			
		Основные компоненты		Попутные компоненты		Основные компоненты		Попутные компоненты	
		Cu, %	Au, г/т	Mo, %	Ag, г/т	Cu, тыс.т	Au, кг	Mo, т	Ag, т
Балансовые запасы									
Разница, %	-3,5	0	3,1	-9,1	-20,8	-3,4	-0,5	-16,6	-23,5
Забалансовые запасы									
Разница, %	5,1	0	2,8	11,8	-19,1	3,9	8,4	6,0	-14,9
Всего									
Разница, %	-0,8	0	1,7	0	-20,7	-1,4	2,0	-10,5	-20,8

Золоторудное месторождение

- Крутопадающие кварцевые, адуляр-кварцевые малосульфидные жилы и жильно-прожилковые зоны размером 250*400 м
- Повариантный подсчет запасов произведен по 5 вариантам бортовых содержаний золота (0,8; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 г/т) методом геологических блоков.
- Для оптимизации проектного контура карьера использовался подсчет запасов методом блочного моделирования по «свободным» вариантам оболочек по бортовому содержанию золота 0,5 г/т
- Интерполяция выполнялась методом обратных расстояний и ординарным кригингом
- Блок блочной модели – 5 x 5 x 5 м, субблок – 0,5 x 0,5 x 0,5 м
- Геостатистический подсчет был проведен с использованием “свободных” каркасов по природному борту 0,5 г/т, который не соответствует бортовому содержанию в ТЭО, по мнению экспертизы такая БМ в оптимизации участвовать не может.
- Результат экспертизы: утверждены постоянные кондиции, подсчет запасов методом блочного моделирования не принят, запасы пересчитаны традиционным способом.

СЛАЙД 11

Сопоставление запасов золоторудного месторождения, подсчитанных с использованием блочной модели с запасами, подсчитанными традиционным способом

- Сопоставление проводилось в объемах подсчетных блоков
- При относительном совпадении общих цифр запасов руды, металла и среднего содержания в целом по месторождению, конкретно по отдельным блокам расхождения достигают 100 %, что делает такую блочную модель непригодной для использования в оптимизаторе

Таблица 2

Категория запасов	Запасы руды в блоке	Среднее содержание		Запасы	
		Au	Ag	Au	Ag
		%	%	%	%
Отдельно по блокам (представлено выборочно)					
C2-5.3	-17.47	12.50	-20.11	-9.36	-35.48
C1-1.1	18.85	-25.00	-42.86	-10.67	-30.64
C2-4.5	-45.49	109.09	49.62	11.83	-21.05
Всего по месторождению					
C1	-5.31	-3.03	-0.69	-7.95	-5.98
C2	-4.80	-5.00	-6.36	-11.20	-10.86
C1+C2	-4.87	-5.13	-5.67	-10.84	-10.28

Стратиформное свинцово-цинковое месторождение

- Линзовидные, лентовидные рудные тела залегающие согласно простиранию вмещающих пород карбонатной формации
- Повариантный подсчет запасов произведен по 4-м вариантам бортовых содержаний условного цинка (1.0, 1.5, 2.0, 2.5 %) с использованием блочного моделирования. Контрольный подсчет произведен методом вертикальных сечений. Основной подсчет тем же методом. Контрольный подсчет методом геологических блоков.
- Блочное моделирование выполнялось для оптимизации контуров проектного карьера.
- Интерполяция проводилась методом ординарного кригинга и обратного расстояния
- Блок блочной модели 40 x 40 x 5 м, субблок до 4 x 4 x 0,5 м
- Результат экспертизы: материалы рассматриваются в настоящее время

Сопоставление запасов свинцово-цинкового месторождения, подсчитанных с использованием блочной модели с запасами, подсчитанными традиционным способом

Таблица 3

	Восточная залежь					Центральная залежь				
	Объем ГРМ, тыс.т.	Руда, тыс.т.	Цинк, %	Свинец, %	Серебро, г/т	Объем ГРМ, тыс.т.	Руда, тыс.т.	Цинк, %	Свинец, %	Серебро, г/т
Борт Zn 2%										
Традиционный подсчет	9476.92	32979.71	5.40	1.19	28.42	7515.94	26155.44	4.96	0.99	18.28
БМ в ПБ	9697.62	33747.75	5.10	1.14	27.42	7369.02	25644.21	5.07	1.00	18.51
Разность	2%	2%	-6%	-4%	-4%	-2%	-2%	2%	2%	1%

Золоторудное месторождение

- Рудные зоны представляют собой серию крутопадающих сближенных субпараллельных линз
- Повариантный подсчет запасов для обоснования параметров кондиций (1,0 г/т, 0,7 г/т, 0,5 г/т и 0,3 г/т) выполнен методом блочного моделирования, контрольный подсчет произведен способом вертикальных разрезов в объеме 50 %. Выделение интервалов и оконтуривание рудных зон выполнялось по традиционной методике с использованием “жестких” каркасов, расчет средних содержаний производился через блочную модель
- Основной подсчет запасов выполнен методом вертикальных разрезов, контрольный подсчет запасов - способом геологических блоков
- Интерполяция проводилась методом ординарного кригинга и обратного расстояния
- Блок блочной модели – 2 x 2 x 2 м
- Результат экспертизы – запасы не утверждены в связи с техническими ошибками оконтуривания (каркасы построены с нарушением правила вложенности)

СЛАЙД 15

Сопоставление запасов золоторудного месторождения, подсчитанных с использованием блочной модели с запасами, подсчитанными традиционным способом

Таблица 4

Способ подсчета	параметры	ед.изм.	балансовые запасы			забалансовые запасы
			C1	C2	C1+C2	C1+C2
участок 1						
Разница относительная	руда	%	-6.9	30.5	-2.5	20.2
	содержание Au	%	5.1	-7.4	3.8	18.5
	запасы Au	%	-1.3	25.5	1.4	35
участок 2						
Разница относительная	руда	%	4.5	-6.2	-3.3	2.8
	содержание Au	%	1.7	3.2	2.1	-4.1
	запасы Au	%	6.7	-2.5	-0.8	-1.9
Всего по месторождению						
Разница относительная	руда	%	-6.4	14.2	-2.6	16.8
	содержание Au	%	5.3	-9.6	3.5	12.0
	запасы Au	%	-0.8	6.0	0.9	26.9

Группа золоторудных месторождений

- Группа включает в себя 11 месторождений одного рудного поля. Различные по мощности (от первых до десятков метров) и протяженности (первые сотни метров) рудные залежи, преимущественно неправильной пластообразной и линзообразной форм с извилистыми краями, раздувами и пережимами. Так же выделяются рудные столбы в карстовых полостях
- Повариантный подсчет запасов произведен по 4 вариантам бортовых содержаний золота (1,0; 0,8; 0,6; 0,4 г/т) с использованием блочного моделирования по «жестким» каркасам, оконтуренным по бортовому содержанию золота 0,4 г/т. Контрольный подсчет выполнялся методом вертикальных разрезов по двум из 11 месторождений
- Основной подсчет запасов выполнен методом блочного моделирования по «жестким» каркасам, Контрольный подсчет запасов выполнен методом вертикальных разрезов так же по 2 месторождениям, запасы которых составляют около 37 % от общих запасов рудного поля
- Интерполяция выполнялась с помощью ординарного кригинга, в качестве проверки использовался метод обратных расстояний
- Блоки блочной модели – 10 x 25 x 5 м и 20 x 25 x 5 м
- Результат экспертизы – утверждены постоянные кондиции и запасы

Сопоставление запасов группы золоторудных месторождений, подсчитанных с использованием блочной модели с запасами, подсчитанными традиционным способом

Таблица 5

Объект	По блочной модели		Традиционный подсчет		Разница в %	
	С, г/т	Au, кг	С, г/т	Au, кг	С	Au
1	1.285	53 348.2	1.307	54 289.1	1.71	1.76
2	1.453	26 264.3	1.397	25 256.4	-3.84	-3.84
1 + 2	1.336	79 612	1.334	79 545	-0.12	-0.08

Типовые замечания по экспертизе подсчета запасов геостатистическими методами

- Ошибки в базе данных, как технические, так и принципиальные (например есть инклинометрия, но нет координат устьев скважин и т.п.)
- Неполный набор материалов (отсутствуют композиты, каркасы рудных тел и структурные домены, описания полей БМ). Материалы должны быть представлены в полноте, обеспечивающей эксперту возможность повторно создать блочную модель месторождения и проверить подсчет запасов
- Не приведены или приведены не в полном объеме данные по анизотропии оруденения (вариография, поисковый эллипсоид, количество заходов)
- Сравнение с традиционным подсчетом запасов по всему месторождению, когда необходимо проводить и с разбивкой по рудным телам
- Высокие отклонения содержаний попутных компонентов в сравнении с традиционным подсчетом, отсутствие учета попутных компонентов, отсутствие геостатистических изысканий по попутным компонентам
- Интерполяция содержаний по всему домену, а не отдельно по рудным телам, что ведет к привлечению рудных интервалов с соседних рудных тел
- Каркасы построены с нарушением правила вложенности
- Не используются композиты равной длины
- Разные названия блоков запасов, подсчитанных традиционным способом и блочного моделирования
- Не используются данные эксплуатационной разведки, которые повышают достоверность морфологии рудных тел и подсчета запасов
- Не выполнена разбивка месторождения на домены и др.

Спасибо за внимание