



М. В. Лесонен
ЗАО «АРДЖЕЙСИ
Груп»



М. С. Сень
ЗАО «АРДЖЕЙСИ
Груп»



Н. Е. Уткина
ЗАО «АРДЖЕЙСИ
Груп»



А. Н. Чвиков
ЗАО «АРДЖЕЙСИ
Груп»



А. П. Харлашин
ООО «АРДЖЕЙСИ
Геологоразведка»

Параметры кондиций, предлагаемые к применению при подсчете запасов

месторождений твердых полезных ископаемых с использованием блочной модели

В настоящее время в нашей стране все большую популярность приобретает разработка ТЭО кондиций для подсчета запасов месторождений ТПИ с использованием блочной модели. Блочная модель месторождения является существенным подспорьем для повышения эффективности управления горным проектом в целом и его запасами в частности.

Однако потенциал блочного моделирования при принятии запасов ТПИ на государственный баланс в полной мере не раскрывается в связи с отсутствием в инструктивно-методической документации необходимых «инструментов» для работы с блочной моделью. Одним из таких «инструментов» выступают параметры кондиций для подсчета запасов. В статье авторы предлагают вариант такого параметра и выскажут соображения по его применению.

Несмотря на давнюю историю и признаваемую экспертами эффективность оценки запасов месторождений ТПИ с использованием повариантного обоснования параметров кондиций, он не предполагает динамической адаптации к изменяющимся условиям, что в современной экономике является существенным недостатком. В связи с вышеизложенным, для недропользователя было бы полезно иметь возможность быстрой реакции на изменение внешних и внутренних факторов реализации горного проекта. Подобную возможность

может дать в том числе и аналитический способ обоснования оптимальной по интегральному (или любому другому) эффекту величины перерабатываемых запасов месторождения.

Стоит отметить, что являющийся фактически, единственным, «традиционный» способ получения ресурсной базы для выполнения ТЭО кондиций не предоставляет возможности аналитического (т.е. без рассмотрения нескольких вариантов) обоснования оптимальных критериев для подсчета запасов полезных ископаемых. Однако в мировой практике именно расчетные методы определения оптимальной для отработки величины запасов месторождений пользуются наибольшей популярностью. Немаловажно, что все подобные способы прямо или косвенно связаны исключительно с блочным моделированием. Дело в том, что методика создания блочной модели (частично аналогичная, частично отличающаяся от традиционного способа представления запасов месторождения ТПИ) дает возможность работать с более мелкими, чем при традиционном подходе, блоками (**рис. 1**).

Блочная модель позволяет в большем «разрешением» оценивать локализацию бедных и богатых руд. При этом, если «традиционный» подсчетный блок может содержать запасы руды на несколько лет отработки, то блок блочной модели – на порядки меньшее количество руды, что позволяет с большей точностью (в разумных пределах) планировать деятельность горного предприятия.

Несмотря на работу, ведущуюся в этом направлении, в нашей стране блочные модели до сих пор выступают исключительно вспомогательным средством в процессе подсчета запасов. Одна из причин «подчиненного» положения блочной модели – отсутствие в инструктивно-методической документации критериев для подсчета запасов на основании блочной модели.

Так как одной из основных характеристик, содержащихся в блоке блочной модели, является содержание полезного компонента, логично

– это такое содержание, при котором достигается равенство извлекаемой ценности минерального сырья эксплуатационным затратам на получение товарной продукции.

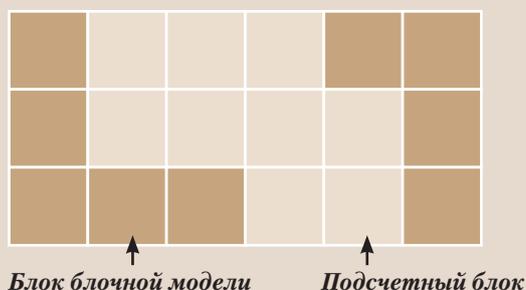
Браковочное (оно же граничное) содержание применительно к месторождениям золота определяется методическими указаниями [2] как наименьшее содержание золота в добытой горной массе, до которого ее экономически целесообразно направлять на переработку.

Стоит отметить, что браковочное содержание полезного компонента в горной массе не является параметром кондиций и применяется при работе с потерями и разубоживанием, а минимальное промышленное содержание применяется к подсчетному блоку с запасами, примерно равными объему годовой добычи. То есть в качестве параметра кондиций для подсчета запасов на основании блочной модели ни тот ни другой показатели в настоящее время не подходят. Тем не менее очевидно, что введение минимального содержания в качестве параметра кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых на основе блочной модели может основываться на существующей инструктивно-методической базе, и показатель этот не будет являться для российской практики недропользования чем-то из ряда вон выходящим.

Практическое же применение минимального содержания полезного компонента в блоке блочной модели можно увидеть на примере западной традиции. В ней достаточно давно для подсчета запасов месторождений ТПИ используется такой показатель, как Cut-off Grade. В общем виде он представляет собой минимальное количество полезного компонента в некотором объеме горной массы, достаточное для того, чтобы этот объем был направлен на переработку [3]. Все блоки блочной модели, ограниченные контуром карьера с содержанием более или равным Cut-off Grade, являются запасами¹ (mineral reserves); остальные блоки блочной модели (в контуре карьера с содержанием менее Cut-off Grade и за контуром карьера) считаются ресурсами¹ (mineral resources). При этом в мировой практике Cut-off Grade имеет устоявшийся порядок аналитического обоснования.

В российской практике для обеспечения требований рационального использования и охраны недр [4] можно использовать несколько показателей со схожим смыслом, но с различным порядком обоснования:

Рис. 1.
Подсчетный блок при традиционном подсчете и ячейки блочной модели с отличным от него содержанием



использовать в качестве параметра кондиций для подсчета запасов полезного ископаемого на основе блочной модели именно его. Такой показатель будет являться геологическим (то есть натуральным), но иметь экономическое, горнотехническое или иное обоснование.

Несмотря на преобладающее значение в качестве параметров кондиций бортовых содержаний полезного компонента в пробе (то есть «точечного» показателя), в российской практике недропользования имеются и несколько критериев для работы со средним содержанием полезного компонента в «объемном» виде. Среди этих показателей стоит выделить минимальное промышленное содержание компонента в подсчетном блоке (т.н. минпром) и «браковочное» содержание.

Согласно методическим рекомендациям [1] минимальное промышленное содержание полезного компонента в подсчетном блоке

¹ Имеется в виду западная классификация запасов (напр., CRIRSCO).

Исходные данные:

Таблица 1

Стоимость конечного продукта	V, руб./г	638
Сквозное извлечение в конечный продукт	г, %	84,6
Эксплуатационные затраты на добычу горной массы	M _{ов} , руб./т	25
Эксплуатационные затраты на транспорт		
руды к ОФ	T _о , руб./т	30
руды в спецотвал	T _{ос} , руб./т	22
вскрыши в отвал	T _в , руб./т	18
Эксплуатационные затраты на переработку руды	P _о , руб./т	550
НДПИ	R	6%

Таким образом, получаем:

Таблица 3

№ вар.	Цена на ПК, руб/г	Принадлежность запасов	Cut-off Grade, г/т	Руда, т	Среднее содержание, г/т	Металл кг
Б	638	Баланс	1,20	1 477 164	5,31	7838
		Забаланс	0,50	654 620	0,83	544
1	851	Баланс	0,90	1 735 719	4,67	8107
		Забаланс	0,50	396 065	0,69	275
2	479	Баланс	1,60	1 249 185	6,02	7521
		Забаланс	0,50	882 599	0,98	861

Таблица 2

Минимальное содержание в блоке блочной модели, г/т	Руда, т	Среднее содержание, г/т	Металл, кг
2,20	988 558	7,11	7031
2,00	1 064 102	6,76	7190
1,80	1 150 508	6,39	7354
1,60	1 249 185	6,02	7521
1,40	1 355 003	5,67	7680
1,20	1 477 164	5,31	7838
1,00	1 641 819	4,88	8018
0,90	1 735 719	4,67	8107
0,80	1 827 783	4,48	8185
0,70	1 925 440	4,29	8259
0,60	2 025 063	4,11	8323
0,50	2 131 784	3,93	8382
0,00	2 426 021	3,49	8474

Недропользователь получит возможность управлять ресурсной базой, снижая риски и повышая эффективность проекта, не нарушая рационального использования недр.

- для разделения вскрышных пород и руды (баланс + забаланс) в контуре рудовмещающей зоны такой показатель (скажем, «Cut-off руда-порода») будет обоснован геологическими, технологическими или иными факторами и не будет зависеть от экономики объекта;
- для разделения в контуре рудовмещающей зоны балансовой и забалансовой руды – поскольку понятия «балансовые» и «забалансовые» запасы основываются на оценке эффективности их отработки – логично для такого показателя (пусть это будет «Cut-off баланс-забаланс») принять определенный порядок экономического обоснования.

Применение минимального содержания полезного компонента в блоке блочной модели может происходить следующим образом.

- Поминимальностатистическиобоснованному содержанию полезного компонента

в пробе будет оконтурена вся рудовмещающая зона.

- По всей рудовмещающей зоне, с использованием «Cut-off руда-порода» будут подсчитаны запасы полезного ископаемого без разделения на балансовые и забалансовые.
- В объеме рудовмещающей зоны, ограниченном проектным карьером с использованием «Cut-off руда-порода» и «Cut-off баланс-забаланс», будут определены запасы балансовой руды, запасы забалансовой руды и количество блоков блочной модели, относимых к вскрышным породам.
- Далее при отработке в контуре проектного карьера вся балансовая руда отправляется на переработку, забалансовая – в специальный отвал, вскрышные породы – в породный отвал.
- Количество балансовой руды в контуре карьера может изменяться в зависимости от

3 Здесь и далее в расчетах не учтены общепроизводственные и общехозяйственные затраты, а также потери и разубоживание.

4 Сумма НДПИ и налога на прибыль.

5 Сумма чистой прибыли и бюджетной эффективности.

условий реализации горного проекта, однако общие запасы руды (баланс + забаланс) в контуре карьера останутся неизменными. Забалансовая руда при таком подходе не «хоронится» в отвале пустых пород, а остается доступной для переработки в дальнейшем.

Поставим эксперимент по применению новых параметров кондиций для подсчета запасов золоторудного месторождения в различных экономических условиях.

Исходные данные представлены в **табл. 1**.

Запасы руды в контуре карьера по классам содержаний – в **табл. 2**.

Пустая порода – 27,5 млн т.

Рудовмещающая зона оконтурена по минимальному статистически обоснованному содержанию в пробе, равному 0,5 г/т.

Определим для данного месторождения запасы балансовой и забалансовой руды в контуре проектного карьера:

«Cut-off руда-порода» примем равным бортовому содержанию, использовавшемуся при оконтуривании рудовмещающей зоны, «Cut-off баланс-забаланс» рассчитаем по формуле³:

$$x_c = \frac{(M_o - M_v) + (T_o + T_{os} - T_w) + (P_o - P_w)}{(V \cdot r \cdot (I - R))}$$

Таким образом, получаем **табл. 3**.

При изменении цены на конечный продукт в большую или меньшую сторону, получим следующие результаты **табл. 4**.

Колебания величины балансовых запасов (при неизменной величине «баланс + забаланс»)

компенсируются улучшением (по сравнению с базовым вариантом при изменившихся ценах) показателей эффективности проекта.

Как видно из проведенных расчетов, изменение количества балансовых запасов при негативном развитии экономической ситуации способно несколько сгладить неприятные последствия для предприятия, а при позитивном развитии – усилить положительный эффект.

Для полного раскрытия потенциала минимального содержания полезного компонента в блоке блочной модели как параметра кондиций также было бы полезным создать механизм оперативного изменения величины балансовых запасов при изменении условий реализации проекта.

Эффект от утверждения запасов ТПИ на основании блочной модели с применением минимального содержания полезного компонента в блоке блочной модели в качестве параметра кондиций для сторон (государства и недропользователя) будет следующим. Недропользователь получит возможность управлять ресурсной базой, снижая риски и повышая эффективность проекта, не нарушая принципов рационального использования и охраны недр; также возможно снижение трудозатрат (и сокращение времени) на утверждение и подсчет запасов. Государство же получит возможность усилить контроль над действиями недропользователя за счет применения более прозрачных методов учета запасов; также при увеличении эффекта от реализации горных проектов вырастут налоговые отчисления в бюджеты всех уровней. **■**

Таблица 4

№ вар.	Цена на ПК, руб/г	Принадлежность запасов	Cut-off Grade, г/т	Руда, т	Среднее содержание, г/т	Металл, кг	Чистая прибыль от реализации, млн руб.	Бюджетная эффективность ⁴ , млн руб.	Интегральный эффект ⁵ , млн руб.
Б	638	Баланс	1,20	1 477 164	5,31	7838	1423	694	1924
		Забаланс	0,50	654 620	0,83	544			
1	851	Баланс	0,90	1 735 719	4,67	8107	2488	1089	3577
		Забаланс	0,50	396 065	0,69	275			
		Баланс базового варианта	1,20	1 477 164	5,31	7838	2461	1067	3527
2	479	Баланс	1,60	1 249 185	6,02	7521	652	407	1058
		Забаланс	0,50	882 599	0,98	861			
		Баланс базового варианта	1,20	1 477 164	5,31	7838	644	415	1059

Использованная литература

1. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев).
2. Методические указания по нормированию, определению и учету потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче.
3. Rendu J.-M. An Introduction to Cut-off Grade Estimation.
4. Закон РФ от 21.02.1992 № 2395-1 «О недрах».