

УДК 622.271; 622:681.3

**А.О. Подойников**

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЕЧНОЙ ГЛУБИНЫ КАРЬЕРА  
С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОВРЕМЕННЫХ ГОРНЫХ  
ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
ПРИМЕНИТЕЛЬНО К МОЩНЫМ КРУТОПАДАЮЩИМ  
ЖЕЛЕЗОРУДНЫМ ЗАЛЕЖАМ**

*Рассмотрены методы определения границ карьера. Проанализирована зависимость контурного коэффициента вскрыши от глубины карьера при разных бортовых содержаниях. Определены конечные глубины карьеров и отстроены контуры карьеров традиционным методом и специальной компьютерной программой-оптимизатором.*

*Ключевые слова: Определение границ карьера, конечная глубина карьера, контурный коэффициент, горные информационные технологии, оптимизация карьера.*

**К**ак известно, граничный коэффициент вскрыши ( $K_{гр}$ ) можно определить по формуле:  
$$K_{гр} = (C_{п} - C_{о}) / C_{в}, \text{ м}^3/\text{т} (\text{м}^3/\text{м}^3),$$
где  $C_{п}$  – себестоимость добычи единицы полезного ископаемого подземным способом, руб/м<sup>3</sup>;  $C_{о}$  – себестоимость добычи единицы полезного ископаемого открытым способом без учета затрат на производство вскрышных работ, руб/м<sup>3</sup>;  $C_{в}$  – затраты на извлечение и перемещение единицы вскрышных пород, руб/м<sup>3</sup> [1].

В это выражение могут быть введены коэффициенты учитывающие фактор времени (дисконтированные затраты), затраты на погашение полезных ископаемых и др.

Достижение граничного положения горных работ при различных значениях бортового содержания происходит при равенстве контурного коэффициента вскрыши граничному.

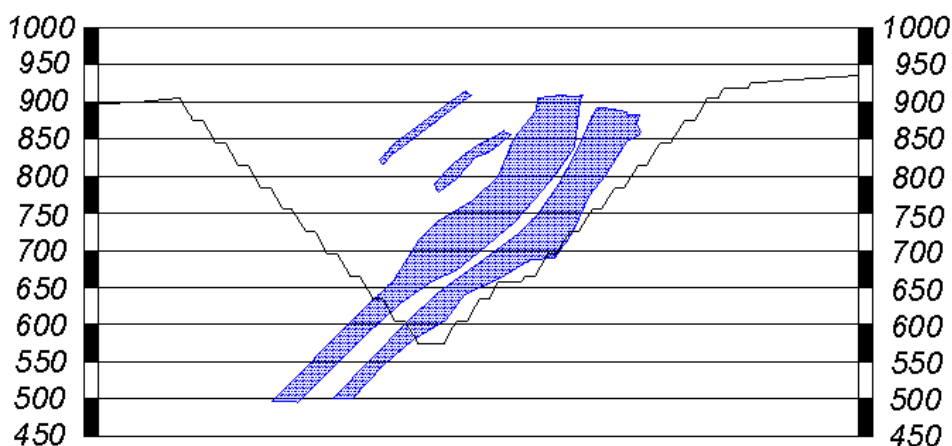
Использование современных горных информационных технологий можно показать на примере опреде-

ления глубины карьера крупного железорудного месторождения.

Крутопадающие рудные тела этого месторождения имеют изменяющуюся геометрию как в плане так по глубине. Их мощность составляет до 40 м и они узкой полосой простираются в широтном направлении на расстояние порядка 20 км.

Рассматривается три варианта бортового содержания (наименьшего содержания полезного компонента в пробе, при котором она может быть включена в контур подсчитываемых блоков запасов полезных ископаемых) магнитного железняка ( $Fe_{mag}$ ): 9, 15 и 22 процента.

Данные по геологоразведочным скважинам заносятся в геологическую базу данных, используя эти данные отстраиваются контуры рудных тел и по этим данным создается компьютерная цифровая блочная модель месторождения. При оконтуривании необходимо стремиться к такому положению, чтобы контур карьера максимальным образом охватывал рудные тела.



**Рис. 1. Поперечный разрез карьера и рудного тела**

Далее по контурам рудных тел создаются каркасные модели и отстраиваются сечения рудных тел с заданным интервалом (100 м) по простиранию (см. рис. 1).

Анализируются эти сечения и определяются максимальные глубины рудных тел, при которых контурный коэффициент вскрыши может быть сопоставлен с граничным. На поперечных сечениях отстраивается положение дна карьера с заданной шириной (30 м).

Подобные построения производятся на всех рассматриваемых сечениях. Совокупность полученных данных позволяет отстроить плоскость дна карьера на всем участке простирания месторождения.

Построения производятся с учетом углов наклона бортов, как с лежачего, так и с висячего боков залежи карьера, значение которых определялись исходными данными с учетом формирования устойчивых бортов или углами падения рудных тел.

При проведении расчетов в качестве ограничителей выступали: значение бортового содержания, цифровые топографические модели горных работ и земной поверхности.

Граничный коэффициент вскрыши расчетами был определен как  $13,5 \text{ м}^3/\text{м}^3$ .

Первоначальный карьер отстраивался с некоторым запасом (глубина карьера 360 м, контурный коэффициент вскрыши –  $19,1 \text{ м}^3/\text{м}^3$ ). Дальнейшие построения с шагом 20 м (см. рис. 2) привели к следующим результатам: для бортового содержания 9 % контурный коэффициент сравнялся с граничным на глубине 335 м, средний коэффициент вскрыши составил  $4,9 \text{ м}^3/\text{м}^3$ . То же самое делаем для карьеров с рудными телами с бортовым содержанием  $\text{Fe}_{\text{mag}}$  15 % и 22 %.

Для бортового содержания  $\text{Fe}_{\text{mag}}$  15 % и 22 % глубины карьера составили 315 м и 240 м, средние коэффициенты вскрыши – 5,8 и  $11,2 (\text{м}^3/\text{м}^3)$  соответственно.

Таким образом, при равенстве контурного и граничного коэффициентов вскрыши устанавливается конечная глубина карьера.

Полученные результаты приведены в табл. 1 и 2.

Зависимость контурного коэффициента вскрыши от глубины карьера для бортового содержания  $\text{Fe}_{\text{mag}}$  9 % показана на рис. 3.

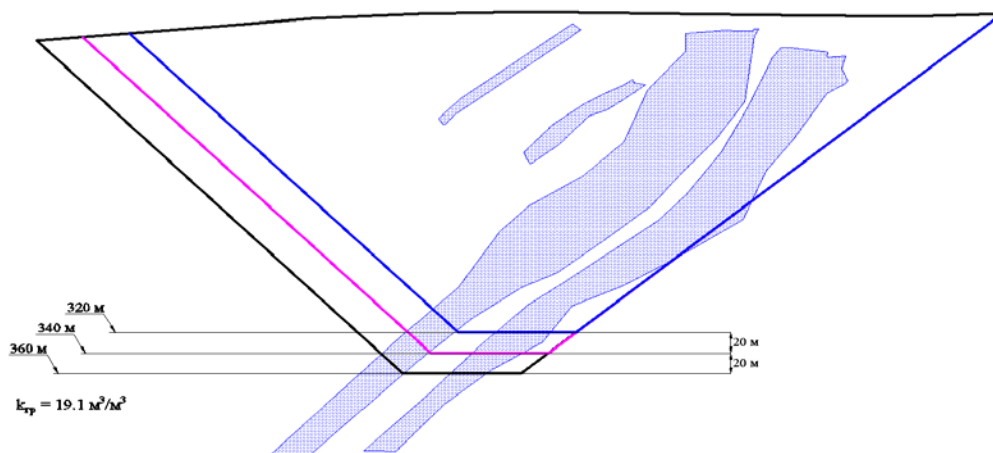


Рис. 2. Разрезы контуров карьеров с разными глубинами, шаг 20 м

Таблица 1.

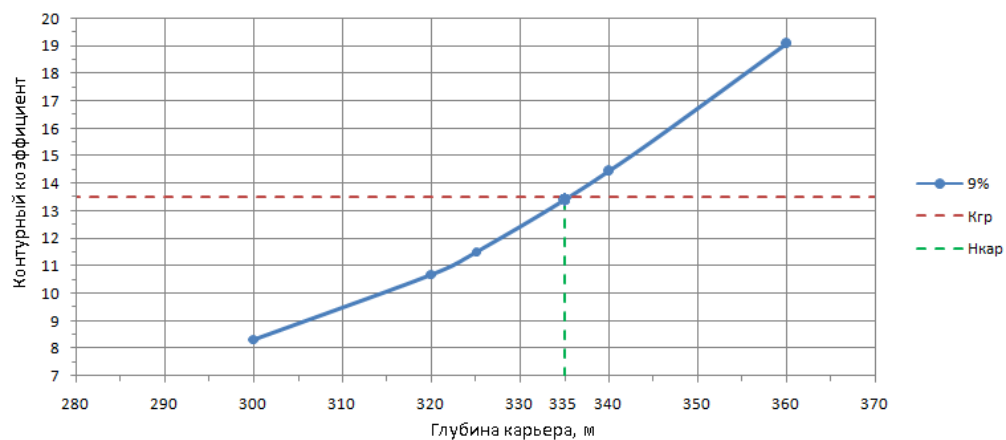
Результаты расчетов конечной глубины карьера

Борт, %	Глубина карьера, м	Объем горной массы, м <sup>3</sup>	Объем руды (магнитного железняка), м <sup>3</sup>	Объем вскрышной массы, м <sup>3</sup>	Контурный коэффициент вскрыши, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
9	360-340	75883000	3779000	72104000	19,1
	340-320	70546500	4569000	65977500	14,4
	<b>335-315</b>	<b>69417000</b>	<b>4781000</b>	<b>64636000</b>	<b>13,5</b>
	325-305	66644000	5321500	61322500	11,5
	320-300	65213500	5569000	59644500	10,7
	300-280	60381500	6471500	53910000	8,3
15	320-300	63297000	4198500	59098500	14
	<b>315-295</b>	<b>61189000</b>	<b>4260500</b>	<b>56928500</b>	<b>13,4</b>
22	260-240	48056500	2698000	45358500	17
	<b>240-220</b>	<b>43215500</b>	<b>2958500</b>	<b>40257000</b>	<b>13,6</b>

Таблица 2.

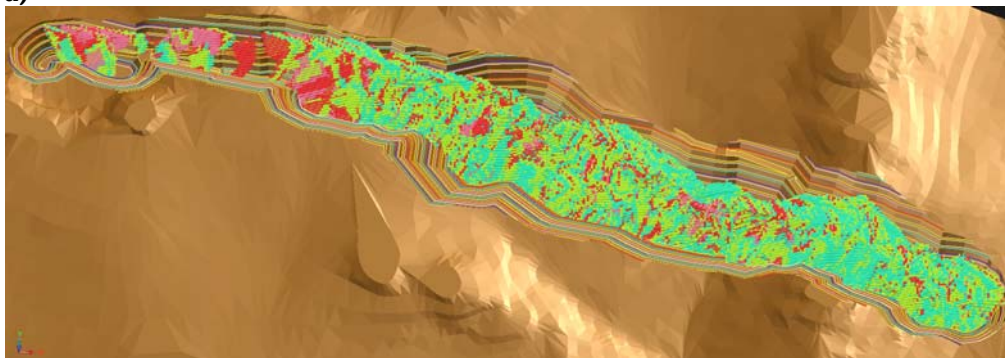
Результаты определения глубины для разного бортового содержания

Борт, %	Глубина карьера, м	Объем горной массы, м <sup>3</sup>	Объем руды (магнитного железняка), м <sup>3</sup>	Объем вскрышной массы, м <sup>3</sup>	Средний коэффициент вскрыши, м <sup>3</sup> /м <sup>3</sup>
9	335	551747000	93883000	457864000	4,9
15	315	485550500	70895000	414655500	5,8
22	240	284039500	23273000	260766500	11,2

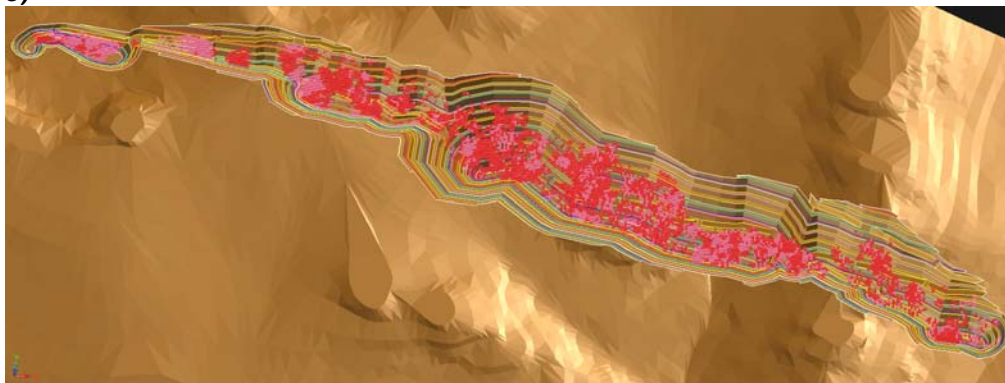


**Рис. 3. Зависимость контурного коэффициента вскрыши от глубины карьера (борт 9%)**

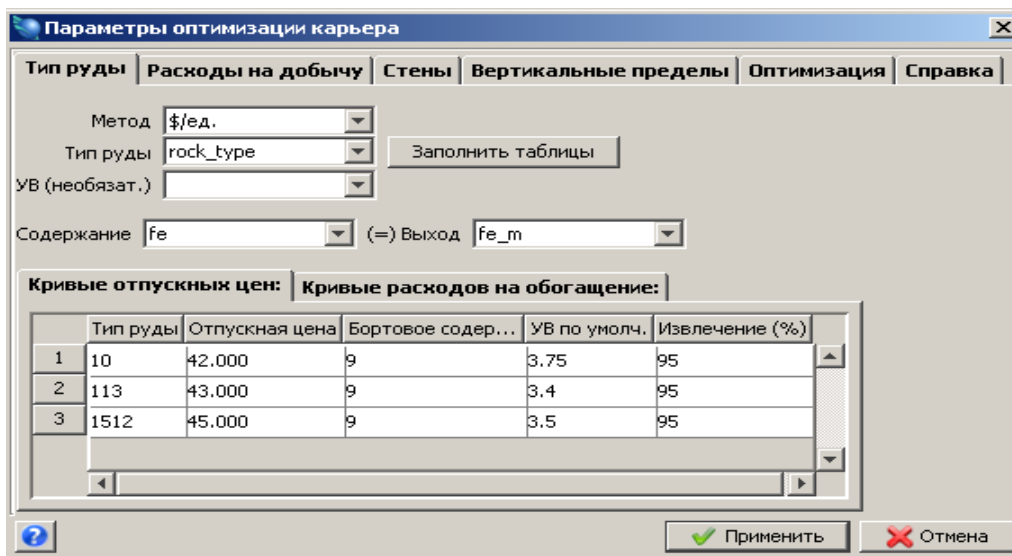
а)



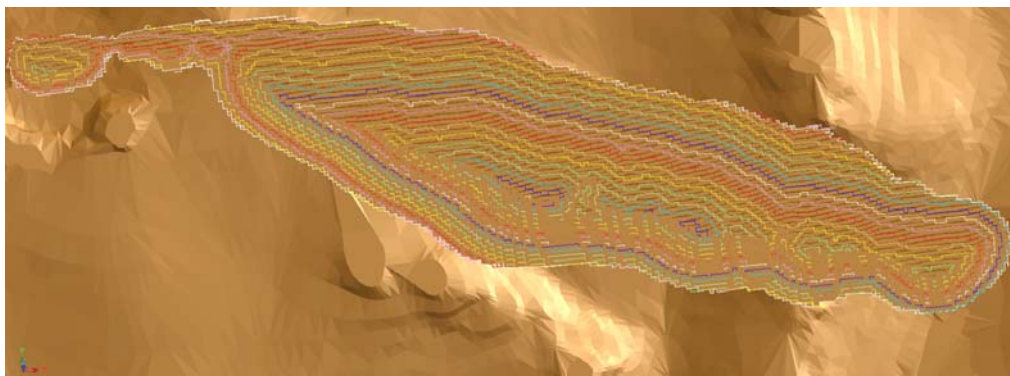
б)



**Рис. 4. Визуальное трехмерное представление карьеров на конец отработки и изменения конфигураций рудных тел в зависимости от их бортового содержания  $Fe_{mag}$ : а) 9 %, б) 22 %**



**Рис. 5. Окно программы-оптимизатора с параметрами карьера**

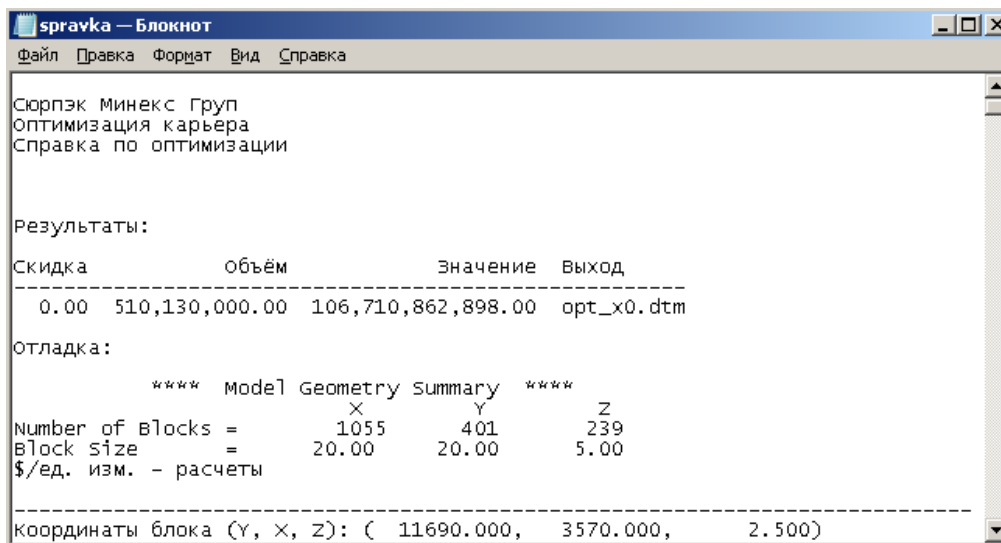


**Рис. 6. Контур карьера отстроенный оптимизатором**

Справки о суммарных значениях и распределении погоризонтных объемов горной массы и руды (включая средневзвешенные содержания  $Fe_{\text{таг}}$ ) были использованы для определения главных параметров открытой разработки месторождения. С помощью компьютерной программы можно визуально отслеживать и анализировать построенные контуры карьеров и рудных тел (рис. 4).

Кроме вышеописанного метода, определить конечную глубину и отстроить контуры карьера можно с помощью специальных компьютерных программ-оптимизаторов с функцией «оптимизация карьера».

Для этого нам необходимы экономические данные, такие как: отпускная цена руды, расходы на обогащение, на добычу, на транспортирование и другие (рис. 5).



**Рис. 7. Фрагмент справки по оптимизации карьера**

Обработав полученные данные, программа отстраивает контур карьера (рис. 6) и выдает справку (рис. 7). В справке находятся необходимые данные о параметрах карьера.

Глубина карьера полученная с помощью оптимизации карьера также равна 335 м (315 м и 240 м).

На основании полученных результатов для железорудного месторождения

были отстроены 3 варианта карьера для рудных тел с разным бортовым содержанием. Определена точная глубина каждого карьера с заданным граничным коэффициентом вскрыши, что позволяет экономически обосновать целесообразность разработки месторождения открытым способом на разных стадиях проектирования.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Трубещкой К.Н., Потапов М.Г., Виницкий К.Е. Мельников Н.Н. Справочник. Открытые горные работы. - М.: Горное бюро, 1994.
2. Трубещкой К.Н., Краснянский Г.Л., Хронин В.В., Коваленко В.С. Учебник. Проектирование карьеров - 3-е изд., перераб. - М.: Высш.шк., 2009.
3. Методические рекомендации по технико-экономическому обоснованию кондиций для подсчета запасов месторождений твердых полезных ископаемых (кроме углей и горючих сланцев). - М.: Министерство природных ресурсов Российской Федерации, 1999.
4. Пастихин Д.В., Сенаторов Н.П. Учебное пособие. Моделирование открытых горных работ с помощью пакета программ Gemcom Surpac - М.: МГУ, 2009. **ГАС**

#### КОРОТКО ОБ АВТОРЕ

Подойников Анатолий Олегович – аспирант кафедры ТО, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru