

УДК 622.271

**Ю.В. Терехина**

**МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОМПЛЕКСА  
ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ КАРЬЕРА  
НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ СТАДИИ ОЦЕНКИ  
МЕСТОРОЖДЕНИЯ**

*Предложена методика определения комплекса оптимальных на стадии технико-экономического обоснования кондиций, позволяющая определить чувствительность кондиций к изменению цен на руду и материалы.*

*Ключевые слова: месторождение, недропользование, забалансовый запас, карьер, коэффициент вскрыши.*

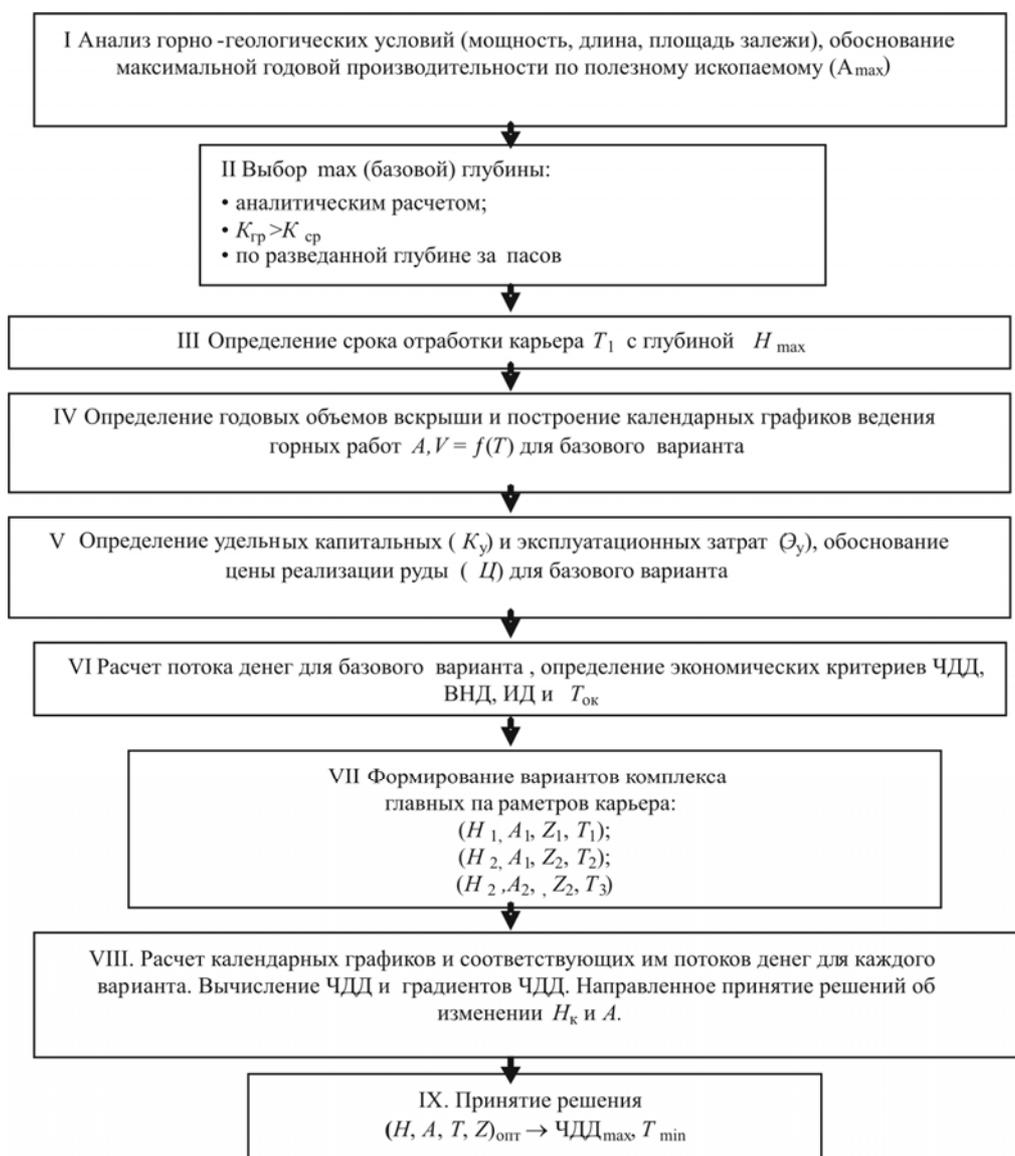
**В** настоящее время минерально-сырьевой комплекс России становится основой устойчивого роста экономики страны. Экономическая оценка участков недр стала крайне актуальной, в такой оценке заинтересовано как государство, выдающее лицензии на право пользование недрами, так и инвесторы — недропользователи, намеревающиеся вкладывать средства в разведку и добычу полезных ископаемых и оценивающие свои возможные доходы и риски в долгосрочной перспективе. Экономическую оценку ресурсов твердых полезных ископаемых проводить не принято, что вполне логично. Оцениваются лишь запасы, которым присваивается балансовая или забалансовая принадлежность.

Балансовые считаются запасы, извлечение которых на момент оценки экономически эффективно в условиях конкурентного рынка, а забалансовые — запасы, извлечение которых на момент оценки нецелесообразно вследствие низкого содержания полезного компонента, малой мощности рудных тел, сложности условий их отработки или переработки, но использование

их возможно в ближайшем будущем в результате повышения цен на минеральные ресурсы или при технических достижениях, снижающих издержки.

Балансовая принадлежность запасов определяется на стадии технико-экономического обоснования кондиций, когда эффективность извлечения запасов зависит от положительной разницы между доходом от реализации добытого полезного ископаемого и затрат на его добычу с учетом дисконтирования. Доход зависит от цены на товарную продукцию и извлечения полезного компонента из руды, а затраты на его добычу открытым способом от текущего коэффициента вскрыши.

Но, как правило, на практике, при фактической разработке месторождения, когда между ТЭО кондиций и рабочим проектом проходит немало времени, забалансовые запасы или их часть полностью отрабатываются, и поступают либо в отвал, если низкое содержание, или полностью перерабатываются. Поэтому можно говорить о том, что принадлежность запасов меняется, и они становятся балансовыми по факту.



**Рис. 1. Алгоритм определения комплекса оптимальных параметров карьера с использованием линейной стратегии принятия решений**

Если ранее заказчики выдвигали специфические требования к качеству товарной продукции, размерам инвестиций, к показателям проекта и срокам его разработки и при этом ставилась цель оптимизировать весь комплекс главных параметров: произ-

водственную мощность, глубину карьера, срок отработки и запасы, вовлекаемые в разработку, при которых могут быть достигнуты наилучшие экономические показатели, но в настоящее время государство требует от инвестора полное извлечение полез-

ного ископаемого из недр. Поэтому еще на предпроектной стадии оценки является важным отнесения того или иного количества запасов к балансовым или забалансовым, и рассмотрению механизмов перевода запасов месторождения из забалансовых в балансовые, т.е. чувствительность кондиций.

Основными механизмами перевода всех запасов на баланс является: уменьшение себестоимости добычи, (т.е. снижение среднего коэффициента вскрыши), либо увеличение цены на товарную продукцию. Поэтому на предпроектной стадии после оценки всех запасов (т.е. расчета базового варианта) желательно решить еще две задачи:

1. Нахождение максимальной стоимости металла в руде при фиксированных затратах, т.е. насколько нужно повысить цену на металл в руде, чтобы проект был эффективным при фиксированной себестоимости добычи;

2. На сколько нужно снизить себестоимость добычи руды за счет снижения среднего коэффициента вскрыши при фиксированном доходе при фиксированной цене на металл, что бы проект был эффективным.

На предпроектной стадии оценки месторождения методика определения комплекса оптимальных параметров карьера, которая включает в себя последовательное выполнению процедур, представленных на рис. 1, позволяет решить эти задачи довольно быстро и просто. Первые шесть пунктов выполняются в полном объеме.

На седьмом этапе в зависимости от задачи производят следующие вычисления:

1. Для первого варианта в базовом расчете потока денег цена на металл поднимается до тех пор, пока ЧДД не приравнивается к 0, то можно гово-

рить о том, что выше полученной цены на металлы эффективно разрабатывать данное месторождение при фиксированной себестоимости добычи, т.е. при определенном коэффициенте вскрыши.

2. Для второго варианта коэффициент вскрыши, т.е. затраты на добычу уменьшаются до тех пор пока ЧДД = 0, т.е. можно говорить о том что при неизменной цене на металл, возможно эффективно разрабатывать месторождения только при определенном, граничном экономическом коэффициенте вскрыши.

Приведем примеры: Определить возможные значения стоимости сырой руды, поступающей на обогатительную фабрику, согласно условию ВНД =  $5 \div 10\%$ , а также рентабельность проекта при ставке платы  $10\%$  за кредит.

Среднегодовая ценность 1т руды на стадии производства концентратов 827 руб.

При уровне инфляции  $10\%$  рассчитываем ЧДД в диапазоне цены на руду от 827 руб./т до 700 руб./т (рис. 2). Аналогичный расчет выполняется при уровне инфляции  $5\%$  в том же диапазоне цен (рис. 2).

Анализ рис. 2 показывает, что при ЧДД = 0 и принятых коэффициентах инфляции ( $5-10\%$ ) предельные цены составят 603 – 693 руб./т, соответственно. Основываясь на утверждении К.Н. Трубецкого [2], что при ЧДД = 0 ВНД =  $K_{инф}$ , можно считать, что ВНД =  $5 \div 10\%$ , при цене руды 603 – 693 руб./т, соответственно.

Итак, при ВНД =  $5\%$  цена 1 т руды не должна быть ниже 603 руб./т, при ВНД =  $10\%$  цена не ниже 693 руб. /т, в противном случае разработка месторождения является убыточной

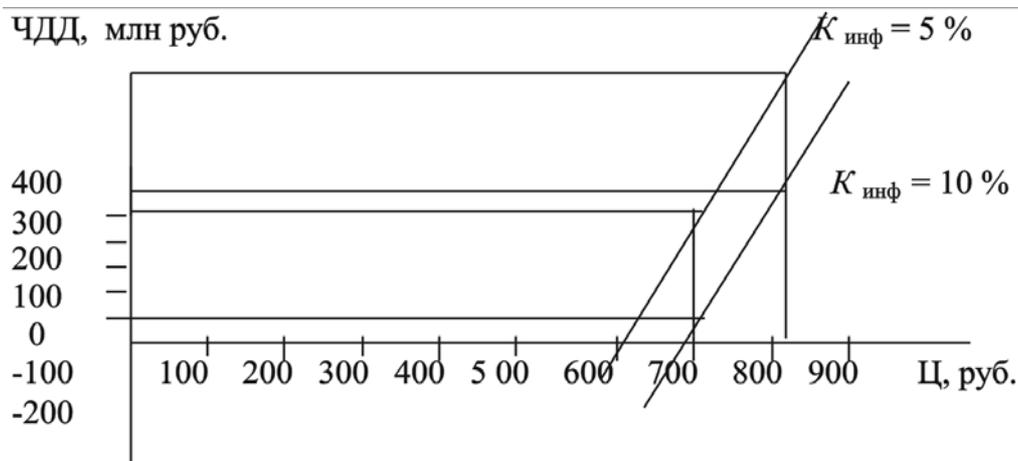


Рис. 2. Графики зависимости ЧДД от цены за 1 т руды при  $K_{инф}$  5 и 10 %

Решение второй задачи можно проиллюстрировать на примере нахождения граничного экономического коэффициента вскрыши для Таррынахского месторождения. Методика расчета сводилась к следующему: на плоскости по наиболее характерными для всего месторождения разрезам 353 и 322 выстраивались контуры карьера с различной глубиной и дном 40 м. По площади рудного тела и карьера определялись объемы вскрыши, руды и горной массы (длина карьера и рудного тела условно была принята 1 м). Ширина дна карьеров была принята 40 м в соответствии со средней мощностью рудных тел. При дальнейшем проектировании было рекомендовано детально исследовать ширину дна карьеров, поскольку горно-геометрические расчеты показали, что в некоторых случаях при сложном залегании рудного тела на участке ширина дна может быть увеличена. При этом в ряде случаев достигается некоторое снижение величины среднего коэффициента вскрыши на участке. В представленном случае это является резервом для увеличения экономической эффективности открытой разработки месторождения.

Затем, построены приблизительные календарные графики ведения горных работ, по которым осуществлялся технико-экономический анализ каждого из вариантов глубины карьера, посчитаны потоки денег и определен ЧДД для каждого из вариантов.

Расчет ценности руды был произведен по следующей формуле:

$$U_p = U_k \cdot \gamma_{\text{вых. конц.}} \cdot \lambda_{\text{извл. Fe}} = 1340,330,319.0,64 = 270 \text{ руб/т}$$

где  $U_k$  – цена концентрата, руб;  $\gamma_{\text{вых. конц.}}$  – выход концентрата из руды, дол. ед;  $\lambda_{\text{извл. Fe}}$  – извлечение железа в концентрат, дол. ед;

Себестоимость выемки  $1 \text{ м}^3$  горной массы – 78 руб/ $\text{м}^3$  была определена на основе анализа себестоимости выемки горной массы по карьерам Уральского региона с учетом коэффициента удорожания для условий Крайнего Севера. Удельные капитальные затраты для каждого варианта определены для годовой производительности по полезному ископаемому 30,0 млн т по экономико-математическим моделям М.Г. Саканцева, разработанных на основе стоимостных моделей Горного Бюро

210 **Определение оптимальной глубины карьера**

<b><i>H</i>, м</b>	<b><i>V</i><sub>г.м</sub>, м<sup>3</sup></b>	<b><i>V</i><sub>вск</sub>, м<sup>3</sup></b>	<b><i>V</i><sub>руды</sub>, м<sup>3</sup></b>	<b><i>Z</i>, т</b>	<b><i>K</i><sub>ср</sub>, м<sup>3</sup>/т</b>	<b><i>T</i><sub>эк</sub>, лет</b>	<b><i>A</i><sub>п.и</sub>, т/год</b>	<b><i>K</i><sub>ср.эксп.</sub>, м<sup>3</sup>/т</b>	<b><i>K</i><sub>гр.экон.</sub>, м<sup>3</sup>/т</b>	<b>ЧД, млн руб.</b>	<b>ЧДД, млн руб.</b>	<b>Градиент ЧДД</b>
Разрез 353												
100	17828	12595	5233	16379	0,77	7	2636	0,7	3,00	3,080	1,940	0,0
145	34866	26344	8522	26674	0,99	10	2900	0,95	2,93	4,437	2,352	0,412
145(дно-125 м)	41166	31672	9494	29716	1,07	10	2972	1,01	2,93	4,395	2,327	-0,025
180	52536	41758	10778	33725	1,24	12	3016	1,21	2,96	4,861	2,307	-0,045
200	63436	51256	12180	38123	1,34	13	3130	1,33	2,96	5,135	2,311	0,004
240	77236	62768	14468	45285	1,39	16	2981	1,37	2,94	5,918	2,298	-0,013
240(дно — 95 м)	87079	70778	16301	51022	1,71	16	3364	1,37	2,93	6,644	2,578	0,280
275	101361	82868	18493	57883	1,43	18	3372	1,42	2,93	7,315	2,588	0,010
275(дно — 90 м)	135511	92842	20669	64134	1,45	18	3776	1,43	2,93	8,133	2,875	0,287
<b>300 (дно — 85 м)</b>	<b>122076</b>	<b>99446</b>	<b>22630</b>	<b>70272</b>	<b>1,42</b>	<b>20</b>	<b>3698</b>	<b>1,39</b>	<b>2,93</b>	<b>9,083</b>	<b>2,945</b>	0,070
340 (дно — 85м)	161516	135738	25778	80685	1,68	22	3667	1,67	2,92	8,512	2,437	-0,508
Разрез 322												
100	18600	13412	5188	16238	0,83	7	2640	0,77	3,00	2,949	1,852	0,0
130	28913	21011	7902	24733	0,84	9	2467	0,81	2,96	4,428	2,471	0,619
160	40513	29691	10822	33873	0,88	11	2839	0,85	2,95	5,946	2,968	0,497
<b>187</b>	<b>60043</b>	<b>46101</b>	<b>13942</b>	<b>43638</b>	<b>1,06</b>	<b>12</b>	<b>3930</b>	<b>1,04</b>	<b>2,94</b>	<b>6,983</b>	<b>3,296</b>	<b>0,328</b>
210	69346	53931	15415	48249	1,12	14	3680	1,09	2,92	7,402	3,154	-0,142

где *H* – глубина карьера, м; *V*<sub>г.м</sub> – объем горной массы в конуре карьера, м<sup>3</sup>; *V*<sub>вск</sub> – объем горной массы в конуре карьера, м<sup>3</sup>; *V*<sub>руды</sub> – объем горной массы в конуре карьера, м<sup>3</sup>; *Z* – запасы руды в контурах карьера, т; *K*<sub>ср</sub> – средний коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т; *K*<sub>ср.эк</sub> – средний эксплуатационный коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т; *K*<sub>гр.экон.</sub> – граничный экономический коэффициент вскрыши, м<sup>3</sup>/т; ЧД – чистый доход, млн. руб; ЧДД – чистый дисконтированный доход, млн. руб;

США, и адаптированных для современных экономических условий нашей страны:

$$K = 15,05 A^{-0,165} K_B^{0,477} L^{0,047},$$

где  $A$  — годовая производительность карьера по руде, млн т;  $K_B$  — средний текущий коэффициент вскрыши, т/т;  $L$  — среднее расстояние откатки горной массы, км.

Граничный экономический коэффициент вскрыши определялся на основе расчета потока денежных средств при ЧДД=0. Результаты расчетов приведены в таблице.

Из таблицы следует, что наибольший ЧДД получен при глубине 300 м на разреза 353; а в районе 322 разреза — 187 м., но во всех случаях положителен. Средний коэффициент вскрыши с глубиной увеличивается от 0,7 до 1,68 м<sup>3</sup>/т, а при ЧДД=0 граничный экономический коэффициент вскрыши в среднем равен 2,93 м<sup>3</sup>/т, что значительно больше по сравнению со средним, таким образом, отработка месторождения открытым способом при любой глубине безубыточна. Исходя из этого, глубина карьера ограничивается только глубиной залегания рудного тела,

его мощностью и горно-техническими условиями, таким образом, разработка месторождения безубыточна при среднем экономическом граничном коэффициенте вскрыши не ниже 2,94 м<sup>3</sup>/т. С учетом изменения цен как на руду так и на материалы в большую сторону, этот коэффициент будет изменяться незначительно.

Итак, можно говорить о том, что методика определения комплекса оптимальных на стадии ТЭО кондиций позволяет определить чувствительность кондиций к изменению цен на руду и материалы. Используя ее, можно с более высокой точностью вероятности отнести запасы либо к балансовым либо к забалансовым.

Таким образом, средний коэффициент вскрыши намного меньше граничного дисконтированного, т.е. разработка месторождения открытым способом очевидна. Глубина карьера, в данном случае, ограничивается только горно-техническими условиям и колеблется от 200 до 500 м в зависимости от мощности рудного тела и условий его залегания.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Терехина Ю.В. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности «Обоснование оптимальных параметров малых карьеров на предпроектной стадии оценки», Екатеринбург, 2006 г

2. Трубешкой К.Н. Динамическая доступность минерально-сырьевых ресурсов./ Минеральные ресурсы России. Экономика и управление, 2001. — № 5. **ИДБ**

#### Коротко об авторе

Терехина Ю.В. — кандидат технических наук, ведущий специалист Горного отдела ОАО «Уралмеханобр», umbr@umbr.ru