© А. Фазлави, 2007

УДК 502/504

А. Фазлави

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНОГО БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ P_2O_5 В ФОСФОРИТАХ ЕГОРЬЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ

Семинар № 8

Бортовое содержание (БС) является одним из самых важных параметров при оценке запасов месторождений полезных ископаемых и таким содержанием полезного компонента в руде, при котором обеспечивается безубыточная добыча и переработка данного сырья в промышленный продукт.

Большинство исследователей определяют бортовое содержание (БС) на основе критерия безубыточности, по которому промышленной рудой является материал, цена которого равна себестоимости добычи и переработки. Этот подход далек от оптимальности.

Геологи России обычно используют упрощенную формулу расчета БС

$$C = \frac{З}{Ц \cdot и \cdot р},$$

в которой фигурируют затраты (З), связанные с добычей, переработкой и транспортировкой 1 т руды, цена (Ц) за единицу полезного компонента, коэффициент извлечения полезного компонента из руды (И) и коэффициент разубоживания (Р).

Горняки часто оптимизируют БС, максимизируя NPV– чистую дисконтированную прибыль (Net Present Value):

$$NPV = \sum_{t=1}^{n} NCF_t (1+r)^{-t} - I_0 =$$

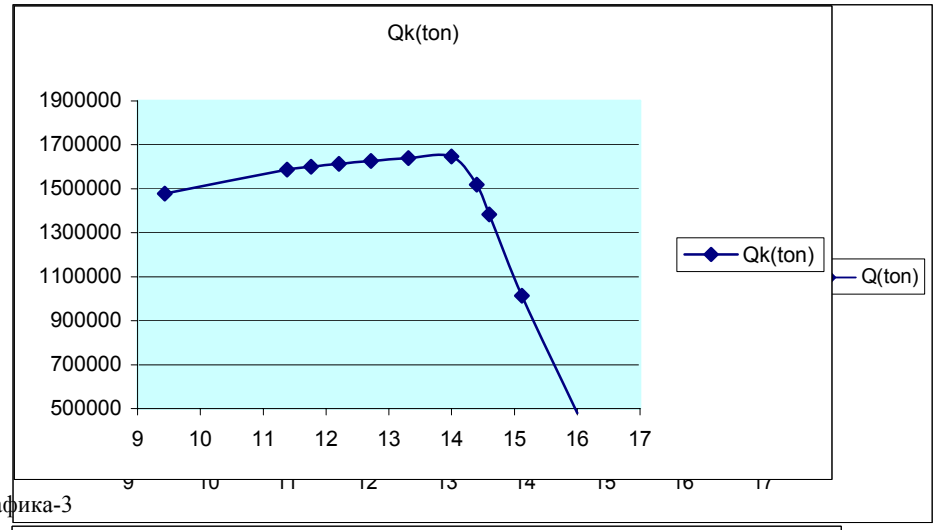
$$= -Cc + \sum_{t=1}^{n} (P_t - C_t)(1+r)^{-t} + Sv(1+r)^{-n},$$

$$C_T = Fc + C_m + C_l + C_e,\ P_T =$$

$$= Q_l \times (p_1 + p_2),\ C_m = Q_m \times c_m$$

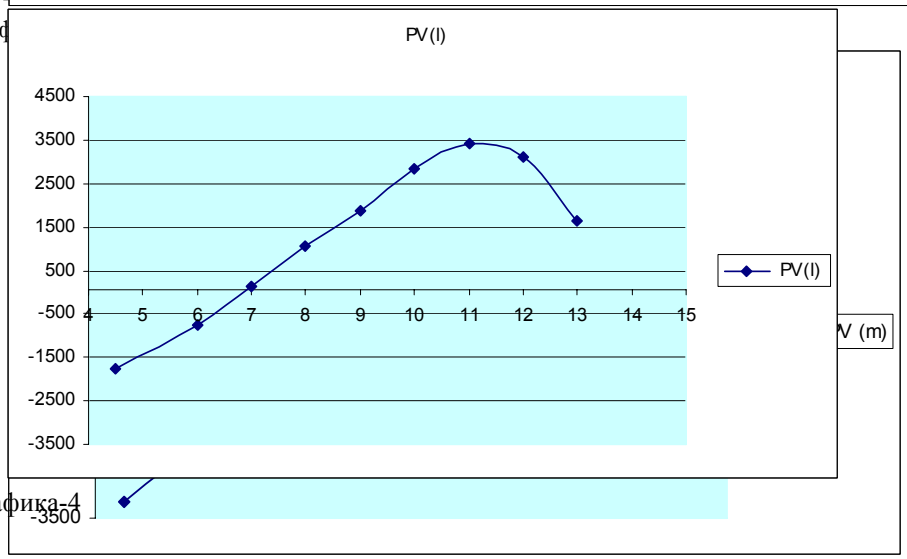
(для Cl и Ce – аналогично),

где $NCF = (P - C)$ - чистая прибыль; $I_0 = C_C$ - начальные капитальные затраты; r - ставка дисконта; n - срок осуществления проекта; C_T, C_m, C_l, C_e, Fc - общая стоимость, затраты на добычу, обогащение и экологию, фиксированная стоимость. Sv - современная величина остаточной стоимости оборудования. Но, на самом деле, (БС) определяется большим числом факторов: средним содержанием полезных компонентов, запасами руды, технологией добычи и переработки, ставкой дисконта, продолжительностью работы рудника, производительностью обогатительной фабрики, правовыми условиями, географическим положением, возникающими экологическими проблемами и многим другим. Каждый из этих факторов не является постоянной величиной, а меняется в простран-



Графика-3

Граф



Графика-4

Гра-

фика-2

стве и времени. Многие из них связаны друг с другом.

Рассмотрим на качественном уровне, как некоторые из них изменяются в зависимости от среднего содержания основного полезного компонента.

И надо обратить внимание, что существуют 3 границы: 1 - геологическая граница; 2 - технологическая граница; 3 - экологическая граница.

В горнорудном производстве существуют 3 стадии: добычи, обогащения и передела.

Примем, что Q_m, Q_l, Q_e - количество руды, концентрата и компонента, а g - содержания компонента в руде.

Тогда $Q_m = k_m Q(g)^{-a}$ (для Q_l, Q_e - аналогично).

- добыча

$$Pv_m = -Cc_m + \sum_{t=1}^{n} k_m[(p_t - c_t)Q(g)^{-a}](1+r)^{-t} + Sv_m(1+r)^{-n}$$

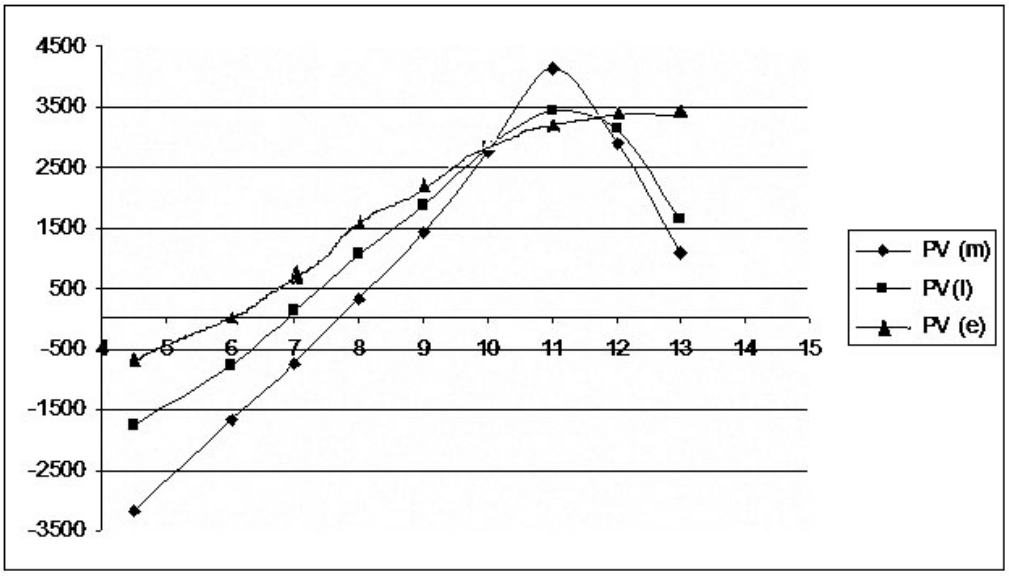
- обогащение

$$Pv_l = -Cc_l + \sum_{t=1}^{n} k_l[(p_t - c_t)Q(g)^{-a}](1+r)^{-t} + Sv_l(1+r)^{-n}$$

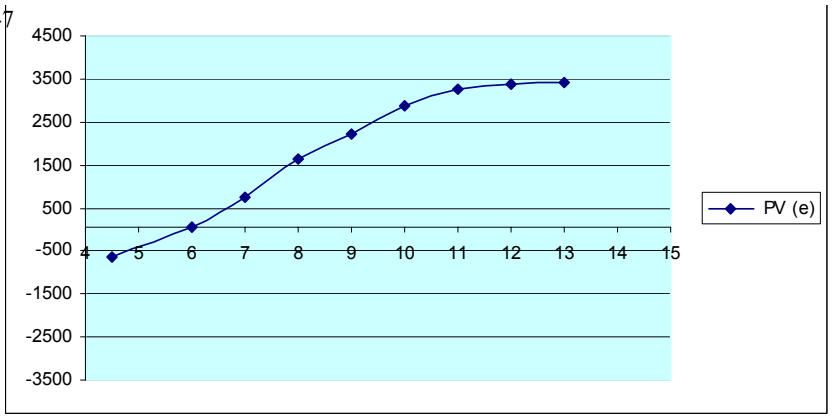
- экология

$$Pv_e = -Cc_T + \sum_{t=1}^{n} k_e[(p_t - c_t)Q(g)^{-a}](1+r)^{-t} + Sv_T(1+r)^{-n}$$

Зависимость между запасами руды и средним содержанием выглядит следующим образом – чем беднее руды, тем больше запасы. Но на определенном интервале образуется некоторая «полочка» (графика-1) - среднее содержание в этом интервале меняется, а запасы остаются одними и теми же. Этот интервал называется «геологической границей», потому что ее появление обязано геологическим особенностям месторождения. При меньших содержаниях запасы заметно увеличиваются, но отработка их становится нерентабельной. Это видно на следующем графике (2), где показано как от содержаний зависит чистая дисконтированная прибыль. Слева от этой границы мы будем иметь убытки. Вряд ли будет выгодна отработка очень богатых по содержаниям, но очень маленьких по запасам месторождений.



Графика-7



Графика-6

Затраты на обогащение руды увеличиваются со снижением среднего содержания. Здесь, как и в предыдущем случае, появляется «технологическая граница» - при переработке больших объемов руды с бедными содержаниями затраты резко возрастают (графика-3). И, как видно на следующем графике (4), прибыль можно получить только в том случае, когда среднее содержание превышает больше этой «технологической границы».

Затраты на ликвидацию экологических последствий работы горнорудных предприятий также явно зависят от значения среднего содержания. В частности затраты на рекультивацию и восстановление земель, занятых отвалами бедных руд и пустых пород могут быть столь велики, что возникает своеобразная «экологическая граница» (графика-5) в содержаниях полезных компонентов, ниже которой, как это показано на следующем графике (6), предприятие будет терпеть убытки.

Можно было бы рассмотреть еще несколько зависимостей между факторами, определяющими значение БС. Но,

по смыслу, все они похожи. Если изобразить ***все эти зависимости на одном графике(7)***, то мы получим серию кривых сначала, показывающих, как прибыль, обусловленная геологическими, технологическими, экологическими и другими причинами при росте содержаний фосфоритов сначала возрастает, пересекая при этом уровень нулевой рентабельности, а потом по мере увеличения содержаний начинает снижаться. По нашему мнению, величину БС нужно определять как минимаксное значение по всем этим кривым.

Теперь для любой пары БС можно рассчитать соответствующие значения Pv_m, Pv_l, Pv_e. Целевая функция равна минимуму из этих уравнений $\max Pv = \max[\min(Pv_m, Pv_l, Pv_e)]$. ГИАБ

Коротко об авторах

Фазлави А. – Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, геологический факультет.