

УДК 622.775 (575.2) (04)

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СРОКА ОТРАБОТКИ БЛОКОВ
ЧЕРЕЗ КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ ПРИ ПОДЗЕМНОМ
СКВАЖИННОМ ВЫЩЕЛАЧИВАНИИ МЕТАЛЛОВ**

А.Е. Rogov – акад. Международн. эколог. акад., докт. техн. наук,
М.А. Нуеббаев – горный инженер

The problem of definition of working-off blocks optimum term through the extraction coefficient at the underground downhole leaching of metals is solved for bore hole.

Ранее нами была решена задача установления оптимального по критерию прибыль коэффициент извлечения – ε_0 металла при подземном скважинном выщелачивании (ПСВ). В результате реализации оптимизационной математической модели получена простая расчетная формула в виде:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{365 \cdot e \cdot T_0 \cdot C_3}{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z}, \quad (1)$$

где T_0 – время достижения максимума содержания металла в продуктивном растворе, год; C_3 – суточные эксплуатационные затраты по блоку, \$/сут; $S_{\text{бл}}$ – площадь блока, м²; \bar{m} – средняя продуктивность пласта по блоку, кг/м²; z – цена продажи металла по руднику, \$/кг; $e = 2,72$ – основание натурального логарифма.

Например, при добыче урана из опытного блока ОПВ-2 месторождения Акдала задано: $S_{\text{бл}} = 54 \cdot 10^3$ м²; $T_0 = 0,64$ года; $C_3 = 1,2 \cdot 10^3$ \$/сут; $\bar{m} = 7$ кг/м²; $z = 12,7$ \$/кг.

По формуле (1) получим:

$$\varepsilon_0 = 1 - \frac{365 \cdot e \cdot 0,64 \cdot 1,2 \cdot 10^3}{54 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 12,7} = 0,85,$$

что соответствует реальным условиям опытного блока.

В то же время нами определен коэффициент извлечения по двум близким формулам в функции от времени*:

$$\varepsilon(t) = 1 - \exp(-C_1 t) \quad (2)$$

$$\text{и } \varepsilon(t) = 1 - \frac{\left(1 + \frac{t - t_3}{T_0}\right)}{e^{\frac{t - t_3}{T_0}}}, \quad (3)$$

где t_3 – время закисления блока, годы; C_1 – первая кинетическая константа:

$$C_1 = \frac{1}{e \cdot T_0} \text{ или } C_1 = \frac{0,368}{T_0}. \quad (4)$$

Поскольку ε_0 определяется по формуле (1), то приравнявая (1) и (2), (1) и (3), получим два новых уравнения для времени $t = T_3$ – срока отработки блока:

$$1 - \frac{365 \cdot e \cdot T_0 \cdot C_3}{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z} = 1 - \frac{1}{e^{C_1 T_3}}, \quad (5)$$

$$1 - \frac{365 \cdot e \cdot T_0 \cdot C_3}{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z} = 1 - \frac{\left(1 + \frac{T_3 - t_3}{T_0}\right)}{e^{\frac{T_3 - t_3}{T_0}}}. \quad (6)$$

Из уравнения (5) получим:

$$e^{C_1 T_3} = \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z}{365 \cdot e \cdot T_0 \cdot C_3}, \quad (7)$$

откуда оптимальный срок отработки блока T_3 , соответствующий ε_0 , будет:

$$T_3 = \frac{1}{C_1} \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z}{365 \cdot e \cdot T_0 \cdot C_3}, \text{ лет.} \quad (8)$$

Учитывая (4) и переходя к суткам из (8), будем иметь:

* Язиков В.Г., Rogov Е.И., Забазнов, Rogov А.Е. Геотехнология металлов. – Алматы, 2005. – 392 с.

$$T_3 = 992 \cdot T_o \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}, \text{ сут.} \quad (9)$$

Рассмотрим пример для ОПВ-2:

$$T_3 = 992 \cdot 0,64 \cdot \ln \frac{54 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 12,7}{365 \cdot e \cdot 0,64 \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 1168 \text{ сут.}$$

или 3,2 года.

Полученный результат хорошо согласуется с реальными данными по опытному блоку ОПВ-2.

Уравнение (6) в явном виде не решается относительно T_3 , поэтому применяют метод последовательного приближения.

Учитывая, что величина

$$1 + \frac{T_3 - t_3}{T_o} \quad (10)$$

намного порядков меньше величины

$$\exp \frac{T_3 - t_3}{T_o} \quad (11)$$

в первом приближении в (10) можно поставить $T_{3,1}$, определенную по формуле (8).

Из формулы (6) теперь можно записать:

$$e^{\frac{T_3 - t_3}{T_o}} = \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_3 - t_3}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}. \quad (12)$$

Логарифмируя уравнение (12), получим:

$$\frac{T_3 - t_3}{T_o} = \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_{3,1} - t_3}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}, \quad (13)$$

откуда определим T_3 – оптимальное значение времени отработки блока для значения ε_0 :

$$T_3 = T_o \left[\frac{t_3}{T_o} + \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_{3,1} - t_3}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3} \right] \quad (14)$$

или иначе:

$$T_3 = t_3 + T_o \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_{3,1} - t_3}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}. \quad (15)$$

Принимая во внимание, что время t_3 на несколько порядков ниже T_3 , можно принять в (15): $t_3 = 0$.

Тогда имеем:

$$T_3 = T_o \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_{3,1}}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}, \text{ лет.} \quad (16)$$

В сутках T_3 выразится:

$$T_3 = 365 \cdot T_o \cdot \ln \frac{S_{\text{бл}} \cdot \bar{m} \cdot z \cdot \left(1 + \frac{T_{3,1}}{T_o}\right)}{365 \cdot e \cdot T_o \cdot C_3}, \text{ сут.} \quad (17)$$

Для уже приведенного выше примера будем иметь следующий оптимальный срок отработки блока:

$$T_3 = 365 \cdot 0,64 \ln \frac{54 \cdot 10^3 \cdot 7 \cdot 12,7 \cdot \left(1 + \frac{3,2}{0,64}\right)}{365 \cdot e \cdot 0,64 \cdot 1,2 \cdot 10^3} = 848$$

сут.

Поскольку между значениями T_3 , вычисленными по двум различным формулам, получается разница в 27%, то следует искать второе приближение по формуле (17).

Для этого увеличим $T_{3,1}$ до 5 лет, тогда имеем:

$$1 + \frac{6}{0,64} = 9,4.$$

Под знаком логарифма будет число:

$$\ln \frac{45125}{762,5} \cong 4,1.$$

При этом получим:

$$T_{3,0} = 365 \cdot 0,64 \cdot 4,1 = 958 \text{ суток.}$$

Учитывая, что по второму способу определения T_3 приближается к величине 1000 сут, можно принять к реализации среднее значение:

$$T_{0,2} = \frac{1000 + 1168}{2} = 1084.$$

На этом решение задачи об определении оптимального срока отработки блока до оптимальной по критерию прибыль величины ε_0 – коэффициента извлечения металла – заканчивается.

В принципе, второй способ определения $T_{0,2}$ является приближенным и поэтому им можно не пользоваться, остановившись на первом точном математическом методе.