Записки Ленинградского ордена Ленина, ордена Октябрьской Революции
и ордена Трудового Красного Знамени горного института им.Г.В.Плеханова,
1989, т. 120

УДК 622.271.3

МЕТОД РАСЧЕТА ПАРАМЕТРОВ АККУМУЛИРУЮЩИХ СКЛАДОВ ДЛЯ ПОПУТНЫХ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ, ДОБЫВАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Г.А.ХОЛОДНЯКОВ, Т.М.КРЫЛОВА

Технолого-минералогическая оценка всего объема минерального вещества, извлекаемого из недр, позволяет отойти от концепции разработки месторождения как источника одного полезного ископаемого. При разработке комплексного месторождения необходимо формировать несколько технологических видов (сортов) полезных ископаемых, требующих в дальнейшем различных технологических схем обогащения или переработки. При открытой разработке комплексных месторождений вместе с основным добывается и ряд попутных полезных ископаемых. Объем их добычи в карьере зависит от производительности по основному полезному ископаемому, направления развития и режима горных работ. Как правило, на выходе из карьера почти всегда удается получить стабильную производительность по основному полезному ископаемому и горной массе очень редко по попутным полезным ископаемым. Но для обеспечения ритмичной и равномерной работы обогатительной фабрики необходим постоянный годовой объем подачи полезного ископаемого.

Отрицательные последствия для работы обогатительных фабрик обусловленные значительными колебаниями количества добываемых попутных полезных ископаемых, предопределяют острую необходимость научного обоснования эффективных средств и методов, обеспечивающих ритмичность их поступления на переработку.

Производительность по попутным полезным ископаемым целесообразно стабилизировать с помощью складов для каждого полезного ископаемого, которые используются как аккумулирующие емкости, куда поступает избыток добытого в карьере попутного полезного ископаемого и откуда поступает потребителю часть полезного ископаемого, компенсируя снижение добычи в карьере. Для установления величины земельного отвода, а также обеспечения возможности оперативного управления складом нужно знать его емкость на любой год эксплуатации комплекса карьер – обогатительная фабрика.

Рассмотрим методику определения емкости склада на примере одного из карьеров, в котором добыча попутного полезного ископаемого P распределяется по годам отработки месторождения следующим образом:

Год	1		3	4	5	6		8	9	10	11	12	13
P, млн.т	2,0	3,0	6,0	5,0	10,0	7,0	6,0	5,0	5,0	5,0	9,0	4,0	2,0

Пусть заданы минимальная ($P_{r\,min}$= 5 млн.т/год) и максимальная ($P_{r\,max}$= = 7 млн. т/год) производительность обогатительной фабрики, а также шаг ее изменения (P_r^h = I млн. т/год). Определить:

I) емкость склада, соответствующую каждому значению производительности из заданного диапазона;

2) объемы полезного ископаемого, хранящиеся на складе в течение всего времени работы карьера и фабрики при каждом варианте производительности;

3) вариант производительности, которому соответствует минимальная емкость склада.

Порядок расчетов (все они производятся на конец года) следующий:

I. Вычисляют количество рассматриваемых вариантов производительности фабрики

$$N = \frac{P_{r\,max} - P_{r\,min}}{P_r^h} + 1 = \frac{7-5}{1} + 1 = 3.$$

Таким образом, j = I,2,3.

2. Определяют элементы вектора производительности фабрики: $P_{rj} = P_{r\,min}$ для j = I и $P_{rj} = P_{rj-1} + P_r^h$ для $j = [2:N]$. Таким образом, P_{r1} = 5, P_{r2} = 6, P_{r3} = 7.

3. Для каждого варианта производительности P_{rj} ищут год I, при котором достигается минимум разности

$$S_{min\,j} = \min_I \left(\sum_{i=1}^{I} P_i - P_{rj}\, I \right) \quad \text{для } \forall I = [1:T];\ j = [1:N].$$

При этом значении I объем запасов на складе достигает минимально возможного значения, равного нулю. Из графика (рис.I) следует, что $S_{min\,1}$ = = -5 при I = 2, $S_{min\,2}$ = -8 при I = 4 и $S_{min\,3}$ = -I8 при I = I3.

4. Определяют время возможного начала работы фабрики для каждого варианта ее производительности

$$\tau_j = -\left(-S_{min\,j}\right) / P_{rj}$$

$$\tau_1 = \frac{-(-S_{min\,1})}{P_{r1}} = \frac{-(-5)}{5} = 1;\ \tau_2 = 1{,}33;\ \tau_3 = 2{,}57.$$

5. По значению I, при котором достигается максимум разности

$$S_{max\,j} = \max_I \left(\sum_{i=\tau^*+1}^{I} P_i - P_{rj}\, I \right) \quad \text{для } \forall I = [\tau^* + 1:T],$$

где $\tau^* = entier(\tau)$ – целая часть числа τ, находят год, когда на

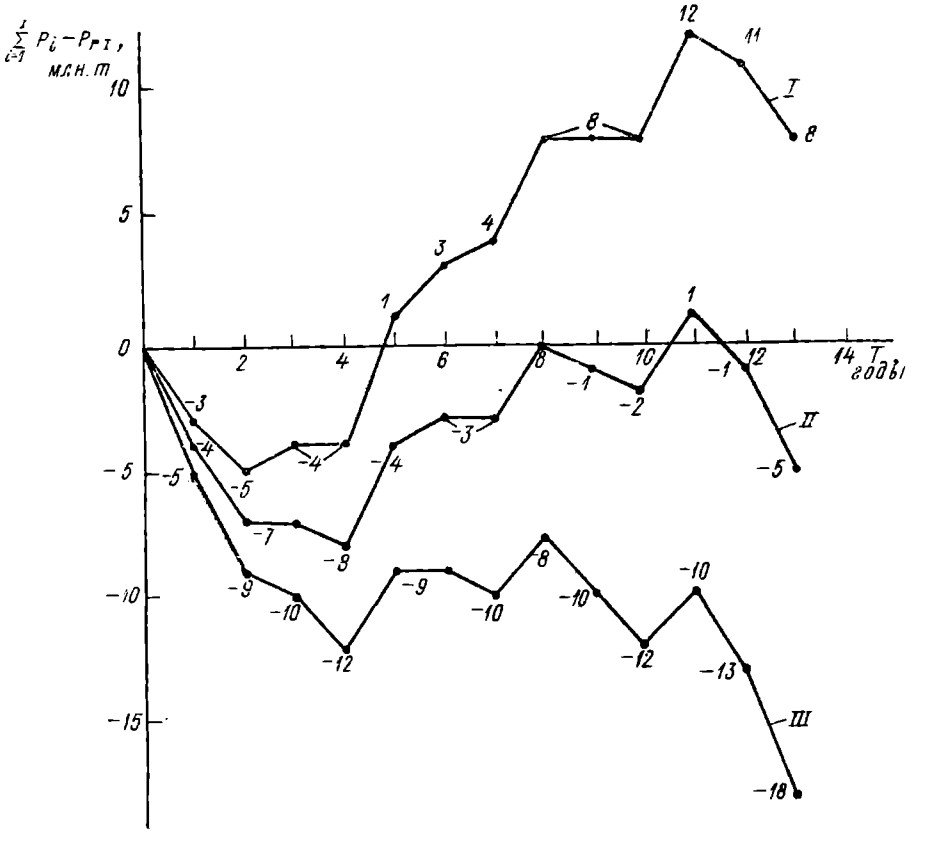


Рис.1. Изменение разности между нарастающими объемами добываемого P_i и стабильно потребляемого фабрикой $P_r I$ полезного ископаемого при производительности фабрики P_{r1} = 5 млн.т (I), P_{r2} = 6 млн.т (II) и P_{r3} = 7 млн.т (III)

складе хранится наибольший объем полезного ископаемого:

$$S_{max1} = \max_I \left(\sum_{i=2}^{I} P_i - 5I \right) \quad \text{для} \quad \forall I = [2:13];$$

$$S_{max2} = \max_I \left(\sum_{i=2}^{I} P_i - 6I \right) \quad \text{для} \quad \forall I = [2:13];$$

$$S_{max3} = \max_I \left(\sum_{i=3}^{I} P_i - 7I \right) \quad \text{для} \quad \forall I = [3:13].$$

Таким образом, S_{max1}= I2 при I = II, S_{max2}= I при I = II и S_{max3}= -8 при I = 8.

6. Рассчитывают емкость склада

$$V_j = S_{max_j} - S_{min_j}; \quad V_1 = S_{max1} - S_{min1} = 12-(-5)=17; \; V_2=9; \; V_3=10.$$

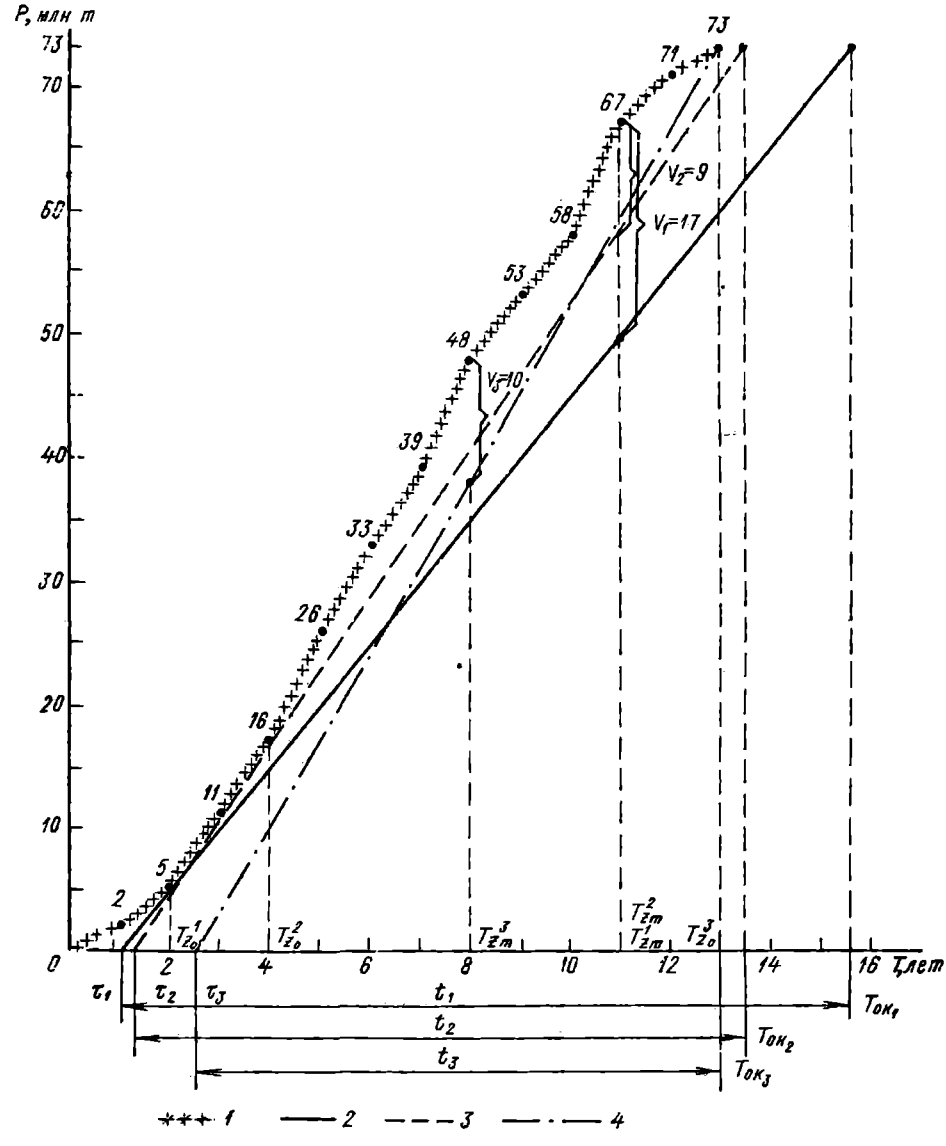


Рис.2. Изменение нарастающих объемов $P=f(T)$ добываемого полезного ископаемого и стабильно потребляемого фабрикой
1 – $P_r=f(T)$; 2 – $P_{st1}=P_{r1}T=5T$; ; 3 – $P_{st2}=P_{r2}T=6T$; 4 – $P_{st3}=P_{r3}T=7T$

7. Вычисляют время работы обогатительной фабрики из условия обеспечения ее полезным ископаемым

$$t_j=\sum_{i=1}^{I} P_i / P_{r_j}; \quad t_1=73/5=14,6; \; t_2=12,17; \; t_3=10,43.$$

8. Определяют время окончания работы фабрики

$$T_{ок j} = t_j + \tau_j ;\quad T_{ок1} = t_1 + \tau_1 = 14{,}6 + 1 = 15{,}6;\quad T_{ок2} = 13{,}5;\quad T_{ок3} = 13{,}0.$$

Рассмотрим графики (рис.2). Разница ординат в каждый момент времени между кривыми, соответствующими фактической производительности карьера $P_f = f(T) = \sum_{i=1}^{I} P_i$ для $\forall I = [1 : \bar{I}]$ и стабильной производительности комплекса карьер – обогатительная фабрика $P_{st j} = \varphi_j(T) = P_{r j} I$, $\forall I = [1 : t_j]$ соответствует суммарному объему полезного ископаемого, отправляемому на склад и в последующем используемому для компенсации снижения добычи на карьере. В том случае, когда весь находящийся на складе запас отправляется на обогатительную фабрику, кривая стабильной работы комплекса $P_{st j} = \varphi_j(t)$ совпадает с кривой фактической производительности карьера $P_f = f(T)$. Максимальная разница ординат соответствует наибольшему объему полезного ископаемого, хранящегося на складе, т.е. определяет емкость склада V_j, соответствующую стабильной производительности фабрики $P_{r j}$.

На графике (рис.2) показано, что от начала работы карьера до точки τ_1 = I год при производительности P_{r1} = 5 млн.т, до точки τ_2 = I,33 года при P_{r1} = 5 млн.т и до точки τ_3 = 2,57 года при P_{r3} = 7 млн.т в год весь добываемый объем полезного ископаемого отправляется на склад. В дальнейшем на обогатительную фабрику при производительности P_{r1} поступает в течение времени t_1 = I4,6 года по 5 млн.т полезного ископаемого в год, в течение времени t_2 I2,I7 года по 6 млн.т в год и во время t_3 = II,43 по 7 млн.т в год при производительности P_{r2} и P_{r3} соответственно.

Кривая фактической производительности карьера $P_f = f(T) = \sum_{i=1}^{I} P_i$ для $\forall I = [1 : \bar{I}]$ совпадает с прямой $P_{st1} = \varphi_1(T) = P_{r1} I = 5I$ для $\forall I = [1 : t_1]$ в точке T^1_{z0} = 2. Это говорит о том, что на конец второго года объем запасов на складе при производительности фабрики P_{r1} = 5 млн.т равен нулю. Соответственно при производительности P_{r2} = 6 млн.т объем запасов на складе становится нулевым при T^2_{z0} = 4 года, а при P_{r3} = 7 млн.т при T^3_{z0} = I3 лет.

Своего максимума объем запасов на складе достигнет при $T^1_{z m}$ = II лет. при производительности P_{r1} = 5 млн.т при $T^2_{z m}$ = II лет и P_{r2} = 6 млн.т, а также при $T^3_{z m}$ = 8 лет и P_{r3} = 7 млн.т. Соответственно емкости складов V_1, V_2 и V_3 равны I7, 9 и I0 млн.т. После окончания добычи полезного ископаемого на карьере фабрика еще некоторое время работает только за счет запасов, находящихся на складе. При работе фабрики с производительностью P_{r1} этот период будет равен $T_{ок1} - T$ = I5,6 – I3 = 2,6 года, при работе с производительностью P_{r2} $T_{ок2} - T$ = 0,5 года, а при производительности P_{r3} время окончания добычи полезного ископаемого на карьере и работы фабрики совпадают.

9. Определяют объемы полезного ископаемого (рис.3), хранящиеся на складе:

I) объемы, отправляемые с карьера на склад в течение времени τ^*_j, т.е. до начала работы обогатительной фабрики

$$Z_{Ij} = \sum_{i=1}^{I} P_i, \quad \text{для } \forall I = [1 : \tau^*_j], \quad j = [1 : N];$$

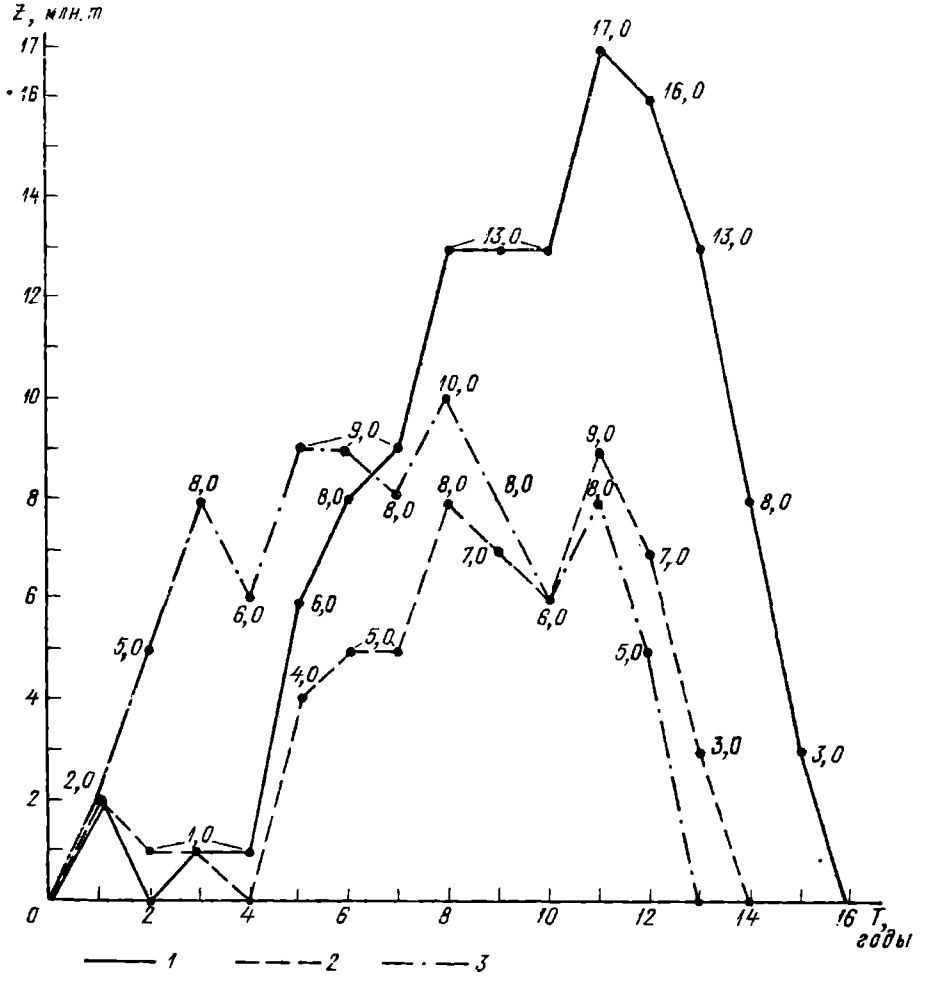


Рис.3. Изменение объемов попутного полезного ископаемого на складе при производительности фабрики, равной 5, 6 и 7 млн.т (кривые 1, 2 и 3 соответственно)

2) объемы, хранящиеся на складе в период с начала работы обогатительной фабрики до окончания его добычи на карьере

$$Z_{Ij} = \sum_{t-\tau_j^*+1}^{I} P_i - P_{rj} - S_{min_j} \quad \text{для } \forall I=[\tau_i^*+1:T],\ j=[1:N];$$

3) объемы, находящиеся на складе с момента окончания его добычи на карьере до момента окончания работы обогатительной фабрики

$$Z_{Ij} = Z_{I-1j} - P_{rj} \quad \text{для } \forall I = \overline{[T+1 : T_{окj}+1]},\ j = \overline{[1 : N]}.$$

IO. Рассчитывают производительность фабрики, которой соответствует минимальная емкость склада:

$$V_{r\,min} = min\left\{V_j\right\},\ j = \overline{[1:N]};\ J = j \Rightarrow P_{r\,opt} = P_{rj};$$
$$V_{r\,min} = min\left\{17,9,10\right\} = 9;\ J = 2 \Rightarrow P_{r\,opt} = 6.$$

Таким образом, минимальная емкость склада соответствует производительности комплекса карьер – обогатительная фабрика 6 млн.т в год.

Представленный метод стабилизации производительности комплекса карьер – обогатительная фабрика по попутным полезным ископаемым и определения емкости аккумулирующих складов на весь период существования комплекса разработан на уровне программы для решения поставленной задачи на ЭВМ.

Высокая эффективность организации временного складирования попутных полезных ископаемых делает его в настоящее время важнейшим и неотъемлемым технологическим процессом в общем комплексе горно-обогатительного производства. Роль этого процесса в повышении эффективности данного производства будет постоянно расти в связи с необходимостью решения задачи комплексного освоения месторождений.