

О ПРИГОРИЗОНТНЫХ И ПРЕДЕЛЬНЫХ ЗНАЧЕНИЯХ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВСКРЫШИ

Б. В. ПОЛЯКОВ

(Представлено научным семинаром кафедр разработки пластовых месторождений,
разработки рудных месторождений, шахтного строительства, техники безопасности
и рудничной вентиляции)

При проектировании предельных контуров карьеров необходимо устанавливать соотношения запасов полезного ископаемого и вынимаемых пород на различных участках и горизонтах месторождения. Вместе с этим нужно достаточно точно определять такие значения указанных соотношений, с превышением которых открытая разработка перестает быть выгодной.

Отвлекаясь от действительной практики, можно представить такое развитие работ в карьере, при котором внешняя вскрыша полезного ископаемого осуществляется по мере последовательной разработки рудного массива горизонтальными слоями элементарно малой высоты. Отношение количеств пустой породы вне контура рудного массива и полезного ископаемого в его пределах, перемещение которых взаимообусловлено при ведении открытой разработки на некотором горизонте при последовательном её развитии, представляет собой пригоризонтный коэффициент внешней вскрыши.

Пригоризонтный коэффициент внешней вскрыши находится в функциональной зависимости от пригоризонтных высот и углов откоса бортов карьера, углов ската поверхности рудного массива, площади дна карьера и коэффициента внутренней вскрыши.

Основное математическое выражение пригоризонтных коэффициентов вскрыши может быть получено с помощью второй теоремы Паппа и теории пределов. При этом оно записывается в следующем виде:

$$n = \frac{(1 + k) \sum_{i=0}^{i=t} H_i (\operatorname{ctg} \beta_i + \operatorname{ctg} \delta_i) \cdot \Delta l_i}{F}, \quad (1)$$

где n — пригоризонтный коэффициент внешней вскрыши;
 k — пригоризонтный коэффициент внутренней вскрыши;
 F — пригоризонтная площадь рудного массива (дна карьера — рис. 1);
 i — порядковый номер некоторой точки контура пригоризонтного дна карьера;

t — наибольшее значение i ;
 H_i — высота борта карьера, отвечающая точке i (рис. 2);
 β_i — угол откоса борта карьера в точке i ;
 δ_i — угол ската поверхности рудного массива в точке i (внутренний верхний угол, образованный линиями пересечения плоскости горизонта $x-x$ и поверхности рудного массива плоскостью, нормальной к контуру дна карьера в точке i);
 Δl_i — отрезок линии центров тяжести площадей нормальных сечений внешней вскрыши, отвечающий точке i .

В частных случаях формула (1) упрощается.

1. При валовой выемке рудного массива, когда добыча полезного ископаемого ведется без производства внутренней вскрыши:

$$n = \frac{\sum_{i=0}^{i=t} H_i (\operatorname{ctg} \beta_i + \operatorname{ctg} \delta_i) \cdot \Delta l_i}{F} . \quad (2)$$

2. На участке с выдержанными по простиранию залежи элементами залегания и спокойным рельефом земной поверхности, когда вскрышей торцов залежи можно пренебречь:

$$n = \frac{H_b (\operatorname{ctg} \beta_b + \operatorname{ctg} \alpha_b) + H_L (\operatorname{ctg} \beta_L - \operatorname{ctg} \alpha_L)}{m} , \quad (3)$$

где m — пригоризонтная мощность залежи;
 H_b и H_L — пригоризонтные высоты бортов карьера со стороны висячего и лежащего боков залежи;
 β_b и β_L — пригоризонтные углы откоса бортов карьера со стороны висячего и лежащего боков залежи;
 α_b и α_L — пригоризонтные углы падения висячего и лежащего боков залежи.

Последнее выражение раскрывает математическую сущность графических построений, предложенных канд. техн. наук В. В. Ржевским для определения пригоризонтных коэффициентов вскрыши на поперечных профилях месторождения [3].

3. На участке с ровным рельефом земной поверхности и согласным падением висячего и лежащего боков залежи, когда вскрышей торцов ее можно пренебречь:

$$n = \frac{H (\operatorname{ctg} \beta_b + \operatorname{ctg} \beta_L)}{m} , \quad (4)$$

$$n = \frac{H (\operatorname{ctg} \beta_b + \operatorname{ctg} \alpha)}{m} . \quad (5)$$

Зависимости, показанные в уравнениях 4 и 5, лежат в основе аналитических формул, предложенных профессорами П. И. Городецким и Б. П. Боголюбовым для определения предельной глубины карьеров при крутом и наклонном ($\alpha \leq \beta_L$) падении „идеальной“ залежи [2 и 1].

Вычислить значение пригоризонтного коэффициента вскрыши аналитическим путем в общем случае не представляется возможным.

Затруднение возникает вследствие отсутствия каких-либо закономерностей в изменении отметок поверхностного контура карьера, в изменении углов откоса бортов его, а также углов ската поверхности рудного массива. В связи с этим для определения пригоризонтных коэффициентов вскрыши при сложных геологических и топографических условиях и полнопериферийной вскрыше следует прибегать к приближенному графическому интегрированию.

Для этого на соответствующем пригоризонтном плане месторождения наносится контур дна карьера: $b_1 b_2 b_3 \dots$, вероятный при последовательном развитии открытой разработки до данного горизонта (рис. 1). На нормалях к последнему откладываются отрезки,

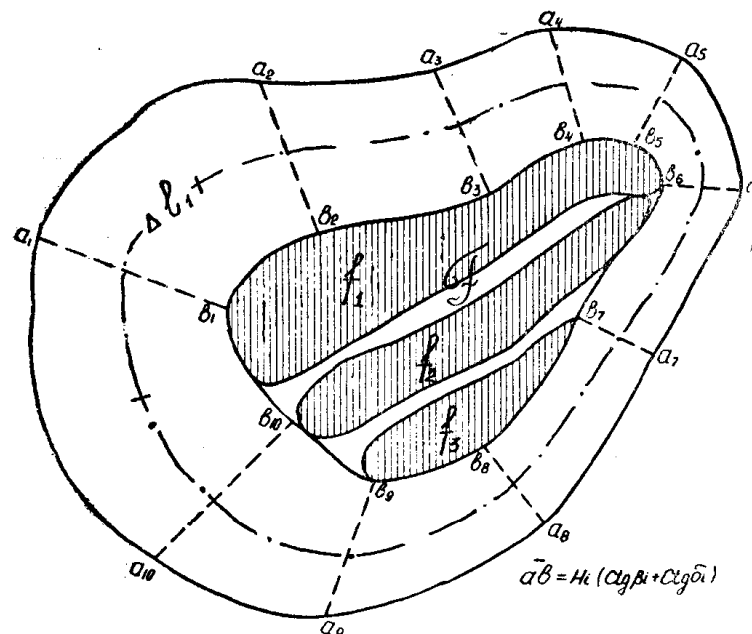


Рис. 1. План залежи полезного ископаемого

пропорциональные величинам $H_i (ctg \beta_i + ctg \delta_i)$, которые находятся путем довольно простых графических построений на вертикальных геологических разрезах месторождения (рис. 2). Соединение концов

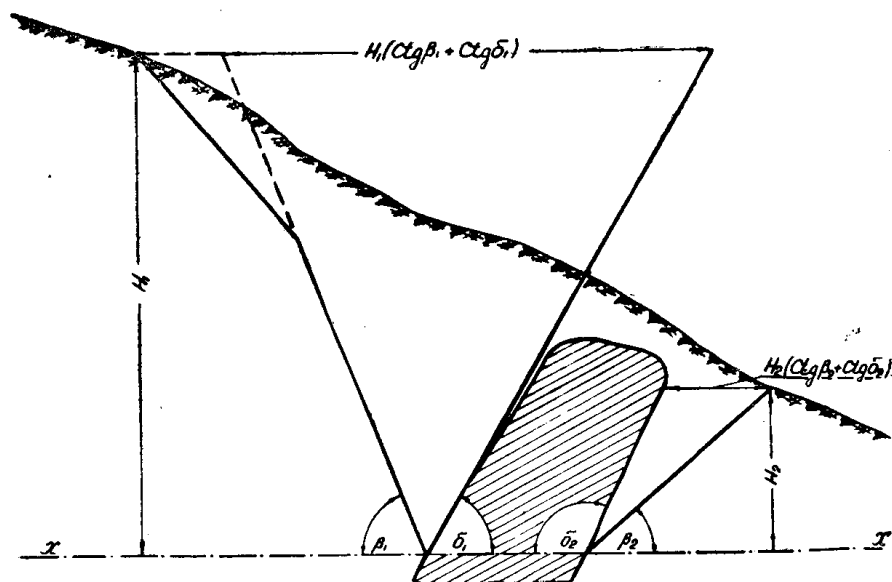


Рис. 2. Поперечный разрез залежи

этих отрезков плавной кривой дает контур $a_1 a_2 a_3 \dots$. Отношение площади, ограниченной внешним $a_1 a_2 a_3 \dots$ и внутренним $b_1 b_2 b_3 \dots$ контурами, к площади пригоризонтных промышленных запасов полезного ископаемого равновелико значению пригоризонтного коэффициента внешней вскрыши

$$n = \frac{\text{пл. } a_1 a_2 a_3 \dots - \text{пл. } b_1 b_2 b_3 \dots}{f_1 + f_2 + f_3}. \quad (6)$$

Отношение площади, ограниченной внешним контуром, за вычетом площади пригоризонтных промышленных запасов полезного ископаемого к площади пригоризонтных промышленных запасов равновелико значению пригоризонтного коэффициента полной вскрыши (n_n)

$$n_n = \frac{\text{пл. } a_1 a_2 a_3 \dots}{f_1 + f_2 + f_3} - 1. \quad (7)$$

Открытая добыча полезного ископаемого сопровождается непроизводительными затратами, связанными с удалением пустых пород. Максимальное соотношение количеств добываемых пустых пород и полезного ископаемого, при котором в данных горногеологических и экономических условиях открытая разработка месторождения остается выгодной, называют предельным значением коэффициента вскрыши.

При выявлении предельных значений коэффициентов вскрыши необходимо исходить из условий равной рентабельности открытой и подземной разработки месторождения, определяемой в соответствии с интересами наиболее успешного развития народного хозяйства в целом. Основная формула для определения предельных значений коэффициентов внешней вскрыши (N) может быть представлена в следующем виде:

$$N = \frac{U_n \frac{V_0}{V_n} - U_0}{C} \cdot \lambda_0 \gamma, \quad (8)$$

где V_n и U_n — народнохозяйственная ценность и полная стоимость некоторого продукта, получаемого при подземной разработке месторождения, руб./т;

V_0 и U_0 — народнохозяйственная ценность некоторого продукта, получаемого при открытой разработке месторождения, и его полная стоимость за вычетом затрат, связанных с производством внешней вскрыши, руб./т;

λ_0 — коэффициент выхода продукта народнохозяйственной ценности V_0 из руды в массиве при открытой разработке месторождения;

C — полная стоимость производства внешней вскрыши, руб./м³;

γ — объемный вес руды в массиве, т/м³.

Установление народнохозяйственной ценности продукта, получаемого при открытой и подземной разработке месторождения, в обычных условиях проектирования пока не представляется возможным. Но если при открытой и подземной разработке месторождения получается продукт одинакового вида и качества ($V_0 = V_n$), то при определении предельного значения коэффициента вскрыши установ-

ливать народнохозяйственную ценность этого продукта не требуется. В этом случае предельный коэффициент вскрыши:

$$N = \frac{U_n - U_0}{C} \cdot \lambda_0 \cdot \gamma. \quad (9)$$

Выявление полной стоимости продукта, получаемого при открытой и подземной разработке месторождения, осложняется тем, что вопрос об эффективности капиталовложений еще не нашел должного разрешения в нашей экономической науке. В силу последнего обстоятельства при определении предельного значения коэффициента вскрыши пока не может быть достаточно учтено различие в объеме первоначальных капиталовложений в открытую и подземную разработку месторождения, в сроках строительства карьера и шахты и достижения ими проектной мощности, в интенсивности открытой и подземной разработки месторождения. Что же касается производительности труда и извлечения руды из недр, которые обычно различны при открытой и подземной разработке месторождения, то их можно и следует учитывать более полно, чем это принято в обычных производственных калькуляциях.

Производительность труда отражается в калькуляционной стоимости продукции. Но в калькуляционную стоимость входит лишь индивидуальная заработная плата, но не включается существенная часть дохода трудящихся за счет государства. Не учитывается в ней и то обстоятельство, что жилищно-коммунальное строительство почти на сто процентов субсидируется государством.

В 1954 г. расходы на здравоохранение, социальное обеспечение, просвещение и культурное обслуживание, производственное обучение и разного рода льготы трудящимся составили 25% от всего государственного бюджета. С введением нового закона о государственных пенсиях эта статья государственного бюджета еще более увеличивается.

С учетом изложенного полные затраты на отдельные виды работ находятся из выражений, подобных следующему:

$$A = a_k + S_k \cdot K,$$

где A — стоимость сырой руды при подземной разработке с учетом доходов трудящихся сверх индивидуальной заработной платы за счет государственных льгот и пособий, руб/т;

a_k — калькуляционная стоимость сырой руды при подземной разработке, руб/т;

S_k — величина затрат по фонду заработной платы в калькуляционной стоимости сырой руды при подземной разработке, руб/т;

K — структурный коэффициент доходов трудящихся при подземной разработке.

Структурный коэффициент доходов трудящихся представляет собой усредненное отношение доходов трудящихся сверх индивидуальной заработной платы, получаемых в виде государственных льгот и пособий, к индивидуальной заработной плате. Учитывая преимущественное положение работников горной промышленности, структурный коэффициент доходов трудящихся, занятых на подземных и открытых горных работах, должен быть больше 0,3, составивших в СССР в 1954 г. среднее значение коэффициента K . На подземных работах он может быть принят 0,5, а на открытых, с учетом большей их безопасности и гигиеничности — 0,4.

Полнота извлечения полезного ископаемого из недр отражается в калькуляционной стоимости продукции лишь величиной погашения капитальных затрат, связанных со строительством рудника. Но экономический эффект от повышения извлечения запасов рудничного поля не исчерпывается улучшением использования основных средств рудника, так как стоимость имеет и полезное ископаемое промышленного запаса. Затраты на поиски и разведку полезного ископаемого финансируются непосредственно через промбанк и на стоимости продукции рудника не отражаются. Тем не менее при определении предельного значения коэффициента вскрыши не учитывать их нельзя. При этом затраты, связанные с поисками и разведкой полезного ископаемого, войдут в расчет так, как это можно видеть в формуле (10):

$$N = \frac{A - B + G \left(\frac{1}{\eta_n} - \frac{1}{\eta_0} \right)}{C} \cdot \eta_0 \cdot \gamma, \quad (10)$$

где A — стоимость сырой руды при подземной разработке с учетом доходов трудящихся сверх индивидуальной заработной платы за счет государственных льгот и пособий, руб/т;
 B — то же при открытой разработке, но за вычетом затрат на производство вскрыши, руб/т;
 C — стоимость вскрыши с учетом доходов трудящихся сверх индивидуальной заработной платы, руб/м³;
 G — стоимость поисков и разведки руды промышленного запаса с учетом доходов трудящихся сверх индивидуальной заработной платы, руб/т;
 η_n и η_0 — коэффициент видимого извлечения руды промышленного запаса при подземной и открытой разработке;
 γ — объемный вес руды, т/м³.

Формула (10) легко выводится из формулы (9) при условии, что качество рудной массы, ожидаемой при открытой и подземной разработке, будет одинаково. Эта формула с допустимым приближением может применяться для определения предельных значений коэффициентов вскрыши в большинстве случаев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Боголюбов Б. П. Целесообразные границы открытых работ, Горный журнал № 11, 1950.
2. Городецкий П. И. Основы проектирования горнорудных предприятий, Металлургиздат, 1955.
3. Ржевский В. В. Графический способ определения коэффициентов вскрыши Сборник научных трудов МГИ, № 11, Углетехиздат, 1953.