ИЗВЕСТИЯ
ТОМСКОГО ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
Том 93 ИНСТИТУТА имени С. М. КИРОВА 1958 г.

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ГРАНИЦ ОТКРЫТЫХ РАБОТ

Б. В. ПОЛЯКОВ

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

Открытая разработка месторождений полезных ископаемых имеет ряд серьезных преимуществ перед подземной. Это убедительно доказывает советская горная практика, а также горная практика наиболее развитых в техническом отношении зарубежных стран [3 и 4]. Распространение и совершенствование открытой разработки месторождений полезных ископаемых является важнейшим резервом повышения производительности труда в советской горной промышленности и улучшения использования минеральных ресурсов—основы индустриального могущества Советского Союза.

Богатства недр нашей Родины, наличие мощной энергетической базы, высокоразвитого тяжелого машиностроения и многочисленных хорошо подготовленных технических кадров чрезвычайно благоприятствуют развитию открытых горных работ. Число реконструируемых и вновь строящихся карьеров для добычи самых различных полезных ископаемых в последние годы заметно увеличилось. В ближайшее время объем капиталовложений в открытую разработку месторождений резко возрастет [1]. В интересах более эффективного расходования государственных средств необходимо, в частности, дальше улучшать проектирование карьеров.

Наиболее трудным и ответственным при проектировании карьера является установление оптимальных границ открытой разработки месторождения, так как в области теории и методики проектирования предельных контуров карьеров еще много пробелов. Это особенно проявляется при решении задачи в наиболее общем виде, когда месторождение неправильной формы или ограниченной протяженности по простиранию с гористым рельефом земной поверхности должно разрабатываться открытым и подземным способами.

В каждом конкретном случае открытой разработки месторождений полезных ископаемых объективно существует определенное максимально-допустимое (предельное) значение коэффициента вскрыши. Оптимальные границы открытой разработки месторождения фиксируются на топографическом плане и геологических разрезах предельными контурами карьера, которые находятся в соответствии с пригоризонтными коэффициентами вскрыши.

В настоящее время за предельную глубину карьера принимают глубину слоя полезного ископаемого, коэффициент вскрыши для ко-

торого имеет предельное значение [2,206]. Однако заданное значение может иметь не один, а несколько пригоризонтных коэффициентов вскрыши. Больше того, открытая разработка месторождения может быть и неприемлема при наличии пригоризонтных коэффициентов вскрыши с предельным и даже меньшим значением, если величина валового коэффициента вскрыши превышает предельное значение. С другой стороны, предельные контуры карьера не могут быть установлены, пока не определено предельное значение коэффициента вскрыши, а определение последнего требует знания предельных контуров карьера. В связи с этим задача установления предельных контуров карьеров при сложных горно-геологических условиях часто разрешается методом вариантов. При этом, по нашему мнению, необходимо придерживаться следующего порядка ее решения:

1) ориентировочное определение предельного значения коэффициента вскрыши;

2) выявление вероятных предельных контуров карьера;

3) составление эскизного проекта разработки месторождения в соответствии с вероятными предельными контурами карьера и контрольное определение предельного значения коэффициента вскрыши;

4) сравнение предельных значений коэффициента вскрыши, определенных ориентировочным и контрольным расчетами; повторные действия по пунктам 1, 2, 3 и 4, когда расхождение в этих значениях выходит за пределы точности технико-экономических расчетов в горном деле: $\pm 10—15\%$;

5) корректирование предварительно установленных предельных контуров карьера по организационно-техническим и прочим соображениям.

Вероятные предельные контуры карьера включают наибольший запас полезного ископаемого так, что валовой коэффициент вскрыши любого остатка этого запаса не превышает ориентировочного предельного значения. Очевидно пригоризонтный коэффициент вскрыши, характеризующий вероятные предельные контуры карьера, имеет ориентировочно предельное значение.

Если предельное значение коэффициента вскрыши, определенное эскизным проектом разработки месторождения, выполненным в соответствии с вероятными предельными контурами карьера, равно (в пределах точности расчета) ориентировочно принятому значению, то вероятные предельные контуры карьера переходят в категорию предварительно установленных.

При определении предельных значений коэффициентов вскрыши учитываются лишь основные факторы, влияющие на оптимальные границы открытой разработки. Поэтому предельные контуры карьера, установленные в соответствии с предельным значением коэффициента вскрыши, не могут расцениваться иначе как предварительные и подлежат корректированию на основе ранее не учтенных факторов и возможностей добычи полезного ископаемого без производства внешней вскрыши при оставлении части его в бортовых целиках карьера.

Исходя из точности подсчета запасов полезного ископаемого и сообразуясь с конкретной обстановкой, проектировщик может принимать предельную глубину карьера на $10—15\%$ более или менее предварительно установленной, не прибегая к дополнительным расчетам. Учитывая различие в темпах развития техники открытых и подземных горных работ, в сроках строительства карьеров и шахт, в интенсивности открытой и подземной разработки, а также в извлечении бедных руд, глубину карьера следует увеличивать. Основанием для уменьшения ее может быть увязка календарных планов развития

открытой и подземной разработки месторождения, стремление избежать экономического ущерба от ликвидации имеющихся крупных зданий и сооружений и специальных затрат по отводу русла реки и т. п.

Для удобства и наглядности в установлении предельных контуров карьера при сложных горно-геологических условиях целесообразно пользоваться диаграммой пригоризонтных запасов полезного ископаемого, фактических и допустимых объемов вскрыши. Для построения диаграммы достаточно иметь графические материалы, какие обычно нужны при проектировании карьеров.

Диаграмма пригоризонтных объемов строится в прямоугольной системе координат. Вниз по вертикальной оси последовательно откладываются отрезки, пропорциональные разностям отметок соседних погоризонтных планов. Через концы этих отрезков проводятся горизонтали. На последних влево от вертикальной оси откладываются соответствующие пригоризонтные запасы полезного ископаемого и вправо—соответствующие фактические и допустимые пригоризонтные объемы вскрыши. Величины пригоризонтных запасов полезного ископаемого и фактических объемов вскрыши находятся путем измерений на вертикальных геологических разрезах месторождения непосредственно или после простых графических построений и откладываются на диаграмме отрезками в определенном, лучше всего одном и том же масштабе. Величины допустимых пригоризонтных объемов вскрыши находятся умножением пригоризонтных запасов полезного ископаемого на заданное предельное значение коэффициента вскрыши. Соединение плавной кривой концов отрезков, пропорциональных одноименным величинам, дает графики изменения с глубиной пригоризонтных запасов полезного ископаемого, фактических и допустимых пригоризонтных объемов вскрыши.

Диаграмма пригоризонтных объемов позволяет выявить горизонты с предельным значением коэффициента вскрыши, которые фиксируются на диаграмме точками пересечения графиков фактических и допустимых пригоризонтных объемов вскрыши, и проанализировать (путем сравнения соответствующих площадей диаграммы) целесообразность ограничения открытой разработки тем или иным горизонтом. Об удобствах применения диаграммы, а также практической целесообразности решения задачи об оптимальных границах открытых работ в предлагаемом нами порядке лучше всего судить на примере.

Открытой разработке подлежит угольный пласт нормальной мощностью десять метров, падающий почти согласно склону лога. В зоне выветривания (до двадцати метров от земной поверхности) уголь окислен и промышленной ценности не имеет.

Установление оптимальных границ открытой разработки пласта сводится к нахождению предельных контуров карьера на характерных поперечных геологических разрезах пласта (рис. 1). Вскрышей пласта в торцах карьера пренебрегаем, учитывая весьма значительную протяженность последнего. Далее задаемся углами откоса бортов карьера (β) и ориентировочным предельным коэффициентом внешней вскрыши. Для рассматриваемого примера значение последнего принимаем равным семи.

Строим диаграмму пригоризонтных запасов полезного ископаемого, выраженных в кубических метрах, фактических и ориентировочно допустимых объемов внешней вскрыши (рис. 2).

Запасы горизонта (—20 *м*) пропорциональны отрезку $\overline{a_1 b_1}$ (рис. 1), горизонта (—40 *м*) — отрезку $a_2 b_2$ и т. д. Откладывая эти отрезки на соответствующих горизонталях влево от оси глубин (рис. 2) и сое-

диняя концы их кривой, получаем график изменения пригоризонтных запасов *AOB*.

Фактические пригоризонтные объемы вскрыши со стороны висячего бока пласта пропорциональны отрезкам c_1d_1, c_2d_2..; со стороны лежачего бока—отрезкам e_6f_6, e_7f_7..., которые находятся путем из-

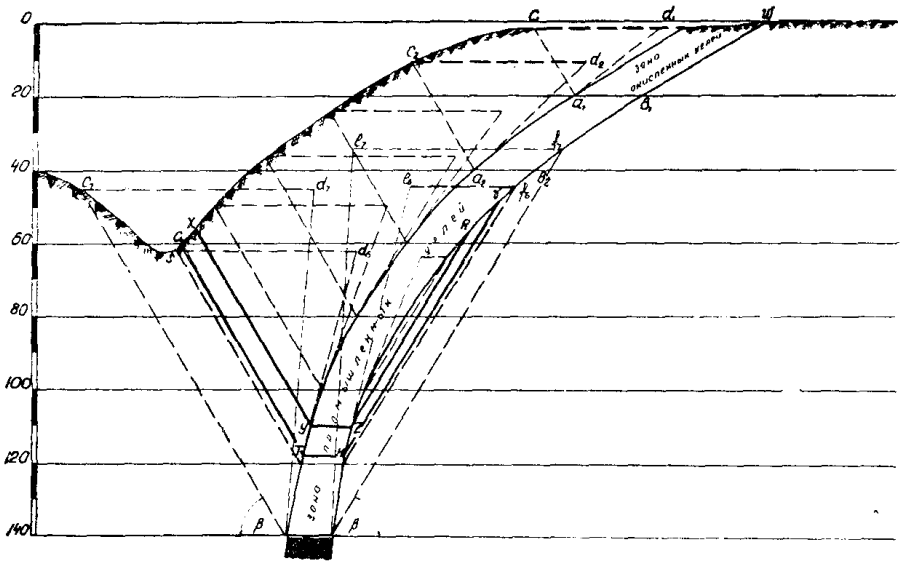

Рис. 1. Поперечный разрез пласта

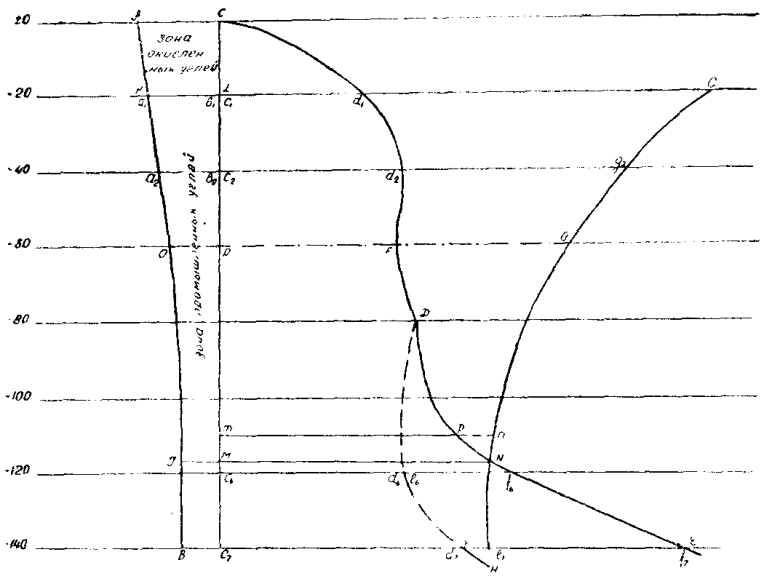

Рис. 2. Диаграмма пригоризонтных объемов

вестных графических построений (рис. 1). Откладывая эти отрезки на соответствующих горизонталях вправо от оси высот (рис. 2) и соединяя концы их кривой, получаем график фактического изменения с глубиной пригоризонтных объемов вскрыши *CDE*. В рассматриваемом примере вскрыша со стороны лежачего б ка отсутствует до горизонта (—80 *м*), но затем стремительно растет. Уголь окисленной зоны до глубины 20 *м* входит в объем первоначальной вскрыши.

Ориентировочно допустимые пригоризонтные объемы вскрыши ($\overline{c_i g_i}$) пропорциональны пригоризонтным промышленным запасам угля ($\overline{a_i b_i}$) и предельному коэффициенту вскрыши: $c_i g_i = 7\ \overline{a_i b_i}$. Откладывая на соответствующих горизонталях вправо от оси глубин (рис. 2) отрезки $c_1 d_1$, $c_2 g_2 \ldots$ и соединяя концы их кривой, получаем график изменения с глубиной ориентировочно допустимых пригоризонтных объемов вскрыши *GQH*.

Ордината пересечения графиков фактических и допустимых объемов вскрыши в точке N дает вероятную предельную глубину карьера 118 *м*. Отвечающий этой глубине контур карьера *STUVW* приближается к предельному. Равенство фактического и допустимого объемов вскрыши, пропорциональных отрезку $\overline{MN}$ (рис. 2), при определенном запасе угля $\overline{IM}$ указывает на то, что на глубине 118 *м* пригоризонтный коэффициент вскрыши достигает ориентировочно принятого предельного значения $\frac{\overline{MN}}{\overline{IM}} = 7$.

Уменьшение коэффициентов вскрыши против заданного значения на глубоких горизонтах исключается по характеру изменения пригоризонтных запасов угля и фактических объемов вскрыши: первые остаются приблизительно постоянными, вторые неуклонно и стремительно возрастают. Отсюда открытые работы за пределами контура карьера с отметкой дна (—118 *м*) неприемлемы. Однако они вполне могут быть применены на меньших глубинах, так как запасы угля, заключенные между горизонтом (—118 *м*) и любым выше его лежащим, вплоть до поверхности, могут быть извлечены с коэффициентом вскрыши, не превышающим заданного предельного значения. Это хорошо видно при сравнении площадей *CNMLKA* и *LGNM* диаграммы, первая из которых значительно меньше второй. Отношения этих площадей к площади *IKLM*, эквивалентной запасам карьерного поля до глубины 118 *м*, дает фактическое и допустимое значение валового коэффициента вскрыши.

Заметим, что при большей глубине выветривания, например 60 *м*, открытые работы с предельным значением коэффициента вскрыши, равным семи, были бы нецелесообразны, несмотря на наличие пригоризонтных коэффициентов вскрыши даже с меньшими значениями. В этом случае величина валового коэффициента вскрыши превзошла бы допустимое значение за счет увеличения объема первоначальной вскрыши. Это легко видеть из сравнения площадей *POACDNM* и *PQNM* диаграммы.

Если в эскизном проекте открытой разработки пласта до горизонта—118 *м* предельное значение коэффициента вскрыши определится равным восьми вместо принятых семи, то при точности экономических расчетов в горном деле (± 10—15%) контур *STUVW* следует считать предельным, предварительно установленным.

Во избежание прорыва ливневых и паводковых вод в карьер из лога ограничиваем вскрышные работы горизонтом (—110 *м*). При этом предельная глубина вскрыши уменьшается менее, чем на 10%, что, безусловно, допустимо. При заданном предельном значении коэффициента вскрыши, равном семи, предельная глубина вскрыши 110 *м* соответствует не десяти, а девятиметровой мощности пласта. Подобные отклонения мощности пласта практически вполне возможны.

Дальнейшая разработка этого пласта, имеющего мощность десять метров, без производства вскрыши невозможна по условиям размещения оборудования. Таким образом, в качестве предельного в дан-

ном случае необходимо признать контур карьера *XYZRW*. Очевидно этот контур подлежит корректированию при согласовании его с контурами карьера на соседних профилях.

Условия выявления оптимальных границ открытых работ весьма разнообразны. В каждом конкретном примере нахождения предельных контуров карьера неизбежны свои детали. Однако рекомендуемый нами общий порядок решения этой задачи должен в какой-то мере всегда выдерживаться.

ЛИТЕРАТУРА

1. Директивы XX съезда КПСС по шестому пятилетнему плану развития народного хозяйства СССР на 1956—1960 гг.
2. Городецкий П. И. Основы проектирования горнорудных предприятий, Металлургиздат, 1955.
3. За дальнейший технический прогресс горнорудной промышленности, Горный журнал № 3, 1956.
4. Plea for better Quarry Practice, Mine Quarry Eng., 1946, Vol. 11, № 6.