

УДК 622.271.45

А.В. Архипов

РАЗМЕЩЕНИЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД НА ОСНОВЕ ЭКОЛОГО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПРИНЦИПА

Проведены исследования рациональной формы отвала в плане и количества выездов из карьера на отвал при обеспечении минимума транспортной работы.

Ключевые слова: шахта, слоевая отработка, пласт, горный массив, карьер, транспортное обслуживание.

Семинар № 17

Исследования энергетических и экологических показателей рабочих процессов на карьере показали тесную связь этих показателей между собой и с экономическими показателями производства открытых горных работ [1].

Выемка и размещение пород вскрыши представляет собой работу (затраты энергии) по дроблению пород, погрузке её на тот или иной вид транспорта, работу по перевозке пород и формированию отвалов. Из этих видов работ наиболее энергоёмкими являются транспортные.

Основным регулирующим рычагом транспортной работы и затрат на них является расстояние транспортирования. От расстояния зависит расход электроэнергии, горючесмазочных материалов, расход шин у автосамосвалов, количество ремонтов, парк транспортных единиц, число занятых трудящихся на транспорте, наконец, объём загрязнения природы от работы транспорта, величина земельной площади, занятой транспортными коммуникациями и внешними отвалами.

Минимум транспортной работы, в первую очередь, минимальное расстояние транспортирования, минимум

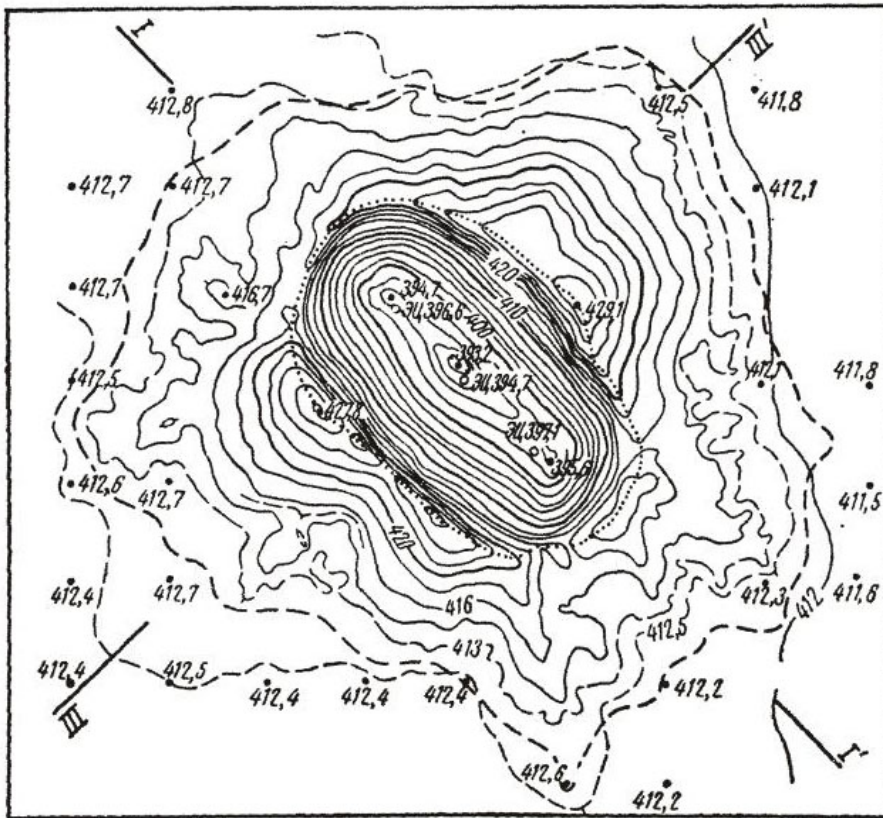
энергетических затрат, минимум загрязнений и нарушений окружающей среды обеспечиваются при распределении вскрыши равномерно вдоль линии выхода бортов карьера на поверхность на минимально безопасном расстоянии от откоса борта.

Принцип энергосбережения и форму профиля отвала можно проследить на примере взрывов на выброс.

Известно, что при взрывах на выброс грунт или порода размещаются по периметру выработки по принципу минимума работы по разлёту кусков. Форма навала в профиль имеет вид треугольника. Высота навала от вершины убывает по некоторой плавной кривой, имеющей перегиб, после которого высота резко снижается. Такое формирование навала наблюдается как при сосредоточенном заряде, так и при траншейном способе взрывания [2] (рис. 1).

Этот пример полностью подтверждает идею о целесообразности размещения вскрышных пород по периметру границ карьера. Технологичная форма отвала в профиле может быть в виде разнобокой трапеции, больше напоминающей треугольник, либо — равнобокой (рис. 2).

План траншеи



Условные обозначения

- Контур воронки по гребню навала
- Граница зоны навала выброшенного грунта

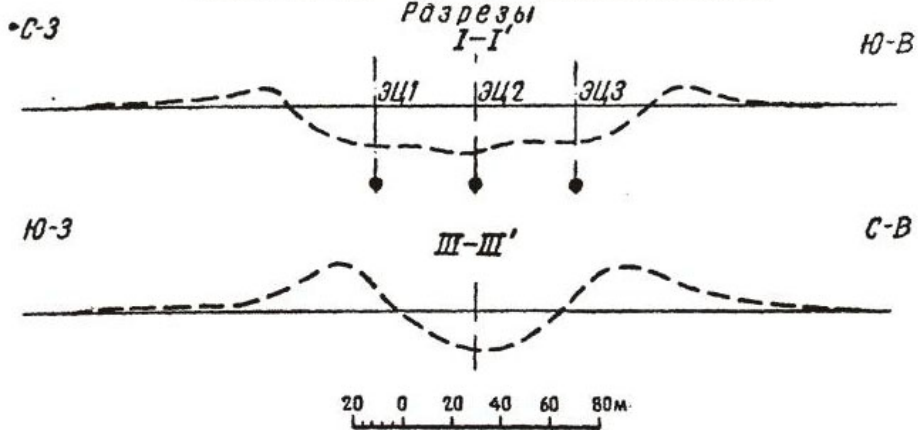


Рис. 1. Контурсы траншеи и навала пород при взрыве на выброс

На рис. 3 представлены основные параметры для расчёта размещения вскрыши по периметру карьера для одного из вариантов отработки наклонного месторождения, расположенного на участке с горизонтальной поверхностью. Точки O_1 , O_2 и O_3 и O_4 — центры тяжести площадей S_1 и S_2 вскрыши и площадей сечений S_3 и S_4 отвалов; h_1 , h_2 — глубина расположения O_1 , O_2 от поверхности $\left(h_2 = \frac{1}{3} \times H_B\right)$; H_K и H_B — глубина карьера и наибольшая мощность вскрыши; h_3 и h_4 — высота отвалов; B_n и B_B — ширина основания отвалов по лежащему и висячему боку; m_r — горизонтальная мощность рудного тела; L_1 и L_2 — расстояние по горизонтали расположения O_1 и O_2 соответственно от висячего борта карьера и висячего контакта рудного тела по поверхности; L_5 и L_6 — ширина берм безопасности от карьера до оснований отвалов; L_3 и L_4 — расстояние расположения центров O_3 и O_4 от основания отвалов.

Взаимосвязь площадей вскрыши и отвалов выглядит следующим образом:

$$S_3 = S_1 \times K_p \text{ и } S_4 = S_2 \times K_p,$$

где K_p — коэффициенты остаточного разрыхления массы в отвалах по отношению к горной массе в массиве (обычно для скальных пород $K_p = 1,1-1,2$).

Первоначальное распределение S_1 и S_2 можно рассчитать, исходя из равенства работы транспорта по доставке вскрыши на тот или иной борт карьера,

$$S_1 \times L_{\text{тр}1} = S_2 \times L_{\text{тр}2},$$

где $L_{\text{тр}1}$ и $L_{\text{тр}2}$ — длина транспортирования (из чертежа).

Расчёты упростятся, если принять, что: $h_1 = h_2$; $h_3 = h_4$; $L_5 = L_6$, угол откоса

отвала равен 35° , величина уклона съездов — i .

Из чертежа и предыдущих формул можно получить ещё одну зависимость.

Так как $(B_n - h_3 \times \text{ctg}35^\circ) \times h_3 = S_3$; $(B_B - h_4 \times \text{ctg}35^\circ) \times h_4 = S_4$, то

$$\frac{B_n - h \times \text{ctg}35^\circ}{B_B - h \times \text{ctg}35^\circ} = \frac{S_3}{S_4} = \frac{S_1}{S_2}.$$

В этом случае, задаваясь значением h , можно получить параметры необходимого отвала.

На практике сплошное размещение вскрыши по периметру осуществить затруднительно, хотя такое размещение можно считать идеальным. Поэтому отвалы должны располагаться по периметру, а число их и форма в плане будут зависеть от количества выездов из карьера, количества типов пород, которые необходимо сохранить на длительный период, предельной высоты отвала по условиям устойчивости и минимуму работы и т. д.

Были проведены исследования рациональной формы отвала в плане и количества выездов из карьера на отвал при обеспечении минимума транспортной работы.

Исследования проводились на плоских моделях с условным изображением в плане распределения объёмов вскрышных пород вдоль одного борта вытянутого карьера, выездов длиной 500 м и изображения формирования удалённой вскрыши в отвалы различных форм. При этом объём вскрыши изображался вытянутой полосой, составленной из девяти элементарных блоков 100×100 м с весом q , а отвал изображался в виде плоских фигур, составленных из различного рода сочетаний этих же элементарных блоков 100×100 м (рис. 4).

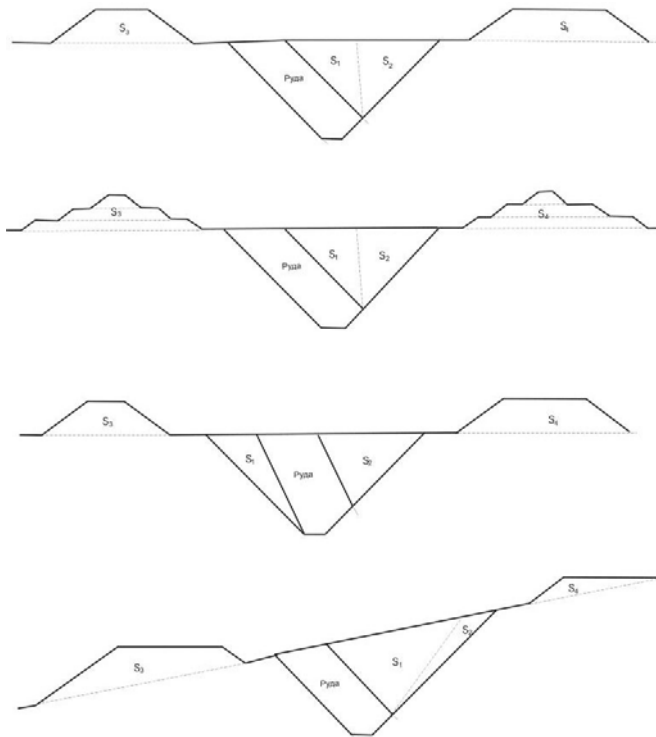


Рис. 2. Варианты схем размещения отвалов по периметру карьера

Рассматривались варианты размещения элементарных блоков в 1, 2, 3 и до 9 рядов. Последний вариант представлял собой вытянутый отвал шириной в один блок и длиной в 9 блоков, размещённый поперек карьера. Задача решалась для различного числа выездов (от 1 до 5).

Для каждого варианта размещения элементарных блоков в сочетании с тем или иным количеством выездов

подсчитывалась суммарная работа

$$A_x = q \times L,$$

где q — вес пород элементарного блока; L — суммарная длина транспортирования по варианту. Поскольку вес блока для всех вариантов принят одинаковым, то сравнение проводилось по суммарной длине транспортирования.

При рассмотрении вариантов формы отвалов за базовый вариант при разном числе выездов принимался вариант вытянутого отвала вдоль борта шириной в один элементарный блок (в один ряд). Далее отбирались варианты форм по три при каждом из вариантов выездов, имеющие наименьшую

величину суммарной длины транспортирования L (индекс при L соответствует названию формы отвала в плане).

Анализировались также наилучшие по длине транспортирования варианты размещения отвалов. Выбор по критерию наименьшей суммарной длины транспортирования показал, что при числе выездов на одном борту карьера три и более,

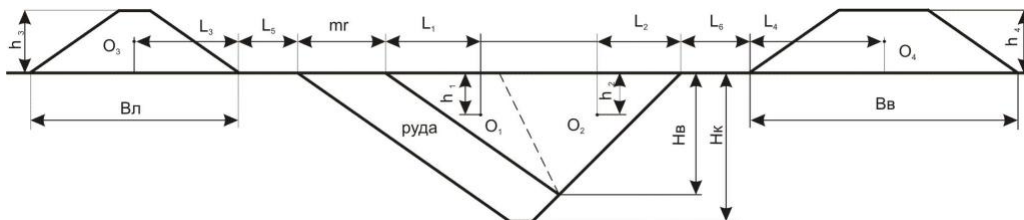


Рис. 3. Основные параметры для расчёта размещения вскрыши по периметру карьера

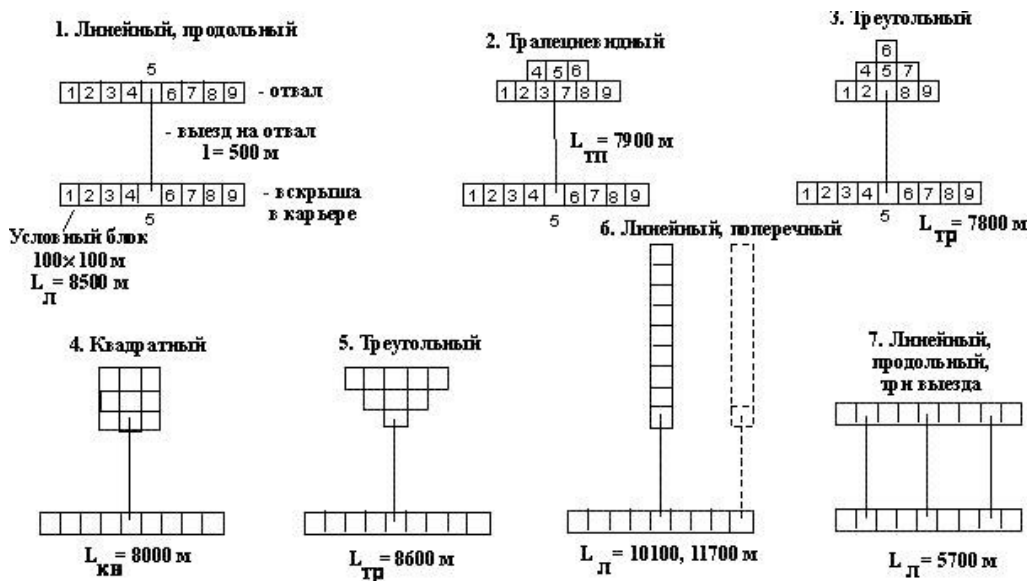


Рис. 4. Модели характерных вариантов формы и размещения внешних отвалов

наилучшей формой отвала будет линейная, расположенная параллельно периметру верхнего контура карьера. При числе выездов с борта от одного до двух, наименьшей длиной транспортирования будут обладать отвалы в форме треугольника, затем трапецеидальные и на третьем месте — квадратные, причём, в первых двух случаях длинная сторона отвала должна располагаться ближе к контуру карьера (схемы 1—4). При размещении короткой стороны отвала ближе к контуру карьера сразу возрастает длина транспортирования (схема 5).

Наихудшим вариантом размещения отвала является линейный отвал, расположенный короткой стороной к карьере, вытянутый поперек вывозимого объема и имеющий один выезд (схемы 6 и 6а). По числу выездов из карьера на отвалы предпочтение следует отдавать вариантам с тремя и более выездами от одного борта, однако, увеличение числа выездов, на-

чиная с четвертого, даёт снижение длины транспортирования всего на 2—5 %, что следует учитывать при организации «лишнего» выезда, так как затраты на поддержание этого выезда могут перекрыть его эффективность.

Выводы, полученные при моделировании, подтверждаются практической эксплуатацией отвалов Центрального и Восточного рудников ОАО «Апатит». Так, на Центральном нагорном руднике первые 15 лет породы вскрыши вывозились в 15—16 мелких отвалов, размещённых по периметру верхнего контура карьера. Внешнее расстояние транспортирования составляло 200—300 м.

По мере заполнения отвалов рудник практически вынужден был вывозить вскрышу на один крупный отвал № 11, размещённый в середине всяческого бока карьера. Спустя несколько лет после открытия этого отвала, длина внешнего транспортирования стала нарастать, так как отвал,

хотя и занимал центральное положение, но имел размеры в несколько сотен метров и стал напоминать варианты 5 и 6.

На Коашвинском карьере Восточного рудника одним из основных отвалов спроектирован отвал № 2, расположенный в западной торцевой части карьера и простирающийся от борта в виде ленты вдоль окружающих склонов горы. Длина трассы внешнего транспортирования уже превышает 3 км. В процессе эксплуатации карьера, как только появлялась возможность создавать новые отвалы вдоль по периметру карьера (№ 3, 5), так сразу же снижалась длина внешнего транспортирования вскрыши.

Аналогичные примеры можно привести практически для любого карьера каждого из имеющихся в Мурманской области горных предприятий.

К принципам размещения вскрышных отвалов необходимо добавить следующее.

Отвалы (склады) забалансовых и попутных руд целесообразно размещать в местах, обеспечивающих беспрепятственную выемку сырья в любой период разработки. Это могут быть отдельные площадки уже заполненных отвалов, места, близко расположенные к усреднительным складам добываемой в настоящее время кондиционной руды, места, близко расположенные к перерабатываемому комплексу.

Гористый рельеф местности в значительной степени усложняет размещение отвалов. Одним из основных критериев нагорного отвала должна быть его устойчивость. Практика эксплуатации рудников ОАО «Апатит» в гористой местности показала техническую осуществимость устойчивой конструкции отвалов и возможность их размещения вдоль периметра карьера. При этом должен быть основательно решён вопрос о границах карьера, так как перенос отвала — очень трудоёмкое и затратное мероприятие.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипов А.В. Эколого-энергетический принцип при проектировании карьеров// Проблемы разработки месторождений полезных ископаемых и освоения подземного пространства Северо-запада Рос-

сии. — Апатиты: изд. КНЦ РАН, 2001. — С. 25—32.

2. Атомные взрывы в мирных целях. Сб. статей под ред. И.Д. Морохова. — М.: Атомиздат, 1970. — 123 с. **ИЛАС**

Коротко об авторе

Архипов А.В. — ГИ КНЦ РАН, rybin@goi.kolasc.net.ru

