

**НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**
Казахский национальный технический университет

П. Ч. ЧУЛАКОВ,
А. БЕГАЛИНОВ,
Т. КАЛЫБЕКОВ

**ИНТЕНСИФИКАЦИЯ
РЕКУЛЬТИВАЦИИ
НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ
ГОРНЫМИ РАБОТАМИ
ЗЕМЕЛЬ**

Часть 2



Алматы
«Гылым»
1994

УДК 332.334.4:622.888.012.3

Чулаков П.Ч., Бегалинов А., Калыбеков Т. Интенсификация рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель. В двух частях. Часть 2. – Алматы: Гылым, 1994. – 172 с.

Приведены виды нарушенных земель и их площади по отраслям промышленности. Предложены аналитические методы определения основных параметров различных форм отвалов и их объемов. Освещена технология снятия, хранения и нанесения плодородного слоя почвы на рекультивируемые поверхности. Рассмотрены селективное формирование одно- и многоярусных внешних отвалов, выполаживание откосов и установление их параметров для совмещения вскрышных, отвальных и рекультивационных работ. Даны инженерные решения по использованию отработанных пространств карьеров и малопродуктивных угодий для складирования вскрышных пород. Рассмотрены основы экономической оценки и рационального использования земель на открытых разработках, включающие интенсивность рекультивационных работ, планирование объемов работ и затрат при восстановлении нарушенных земель.

Предназначена для работников производства, научно-исследовательских и проектных организаций горнодобывающих отраслей промышленности, а также студентов вузов.

Библиогр. 46 назв. Ил. 93. Табл. 22.

Ответственный редактор
доктор технических наук
В.И.Горкунов

ISBN 5-628-01668-3

ISBN 5-628-01670-5(ч.2)



Чулаков П.Ч.,
Бегалинов А.,
Калыбеков Т.,
1994

5. СЕЛЕКТИВНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ

5.1. Формирование одноярусных бульдозерных отвалов с выколаживанием их откосов

Интенсификация восстановления нарушенных земель при углубочных системах разработки во многом зависит от рационального использования пригодных для рекультивации пород. Установление во времени объемов выемки потенциально-плодородных пород в карьере способствует селективному формированию внешних отвалов. Эти данные необходимы для выбора технологической схемы организации работ при селективном размещении разнотипных пород в теле отвала.

При разработке месторождений минерального сырья отдельными карьерами с применением углубочных систем с размещением вскрышных пород во внешних отвалах необходимым условием своевременной рекультивации их поверхности является выбор технологической схемы отсыпки вскрыши. Такая схема должна соответствовать выходу их из карьера в период его эксплуатации. При селективном формировании одноярусных отвалов с последующим выколаживанием его откосов до требуемого рекультивацией угла отсыпку отвала на карьерах малой мощности предлагается осуществлять по схеме (рис. 5.1), предусматривающей размещение потенциально плодородных пород в периферийной части отвального отвода. Отсыпка пригодных для рекультивации пород, начиная с предельного контура отвала, способствует интенсификации рекультивационных работ. При этом ширина отсыпки зависит от высоты отвала, углов естественного откоса и выколаживания, т.е.

$$b = 0,5 H (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha), \quad (5.1)$$

где H — высота отвала, м; β — угол выколаживания откоса отвала, град.; α — угол естественного откоса отвала, град.

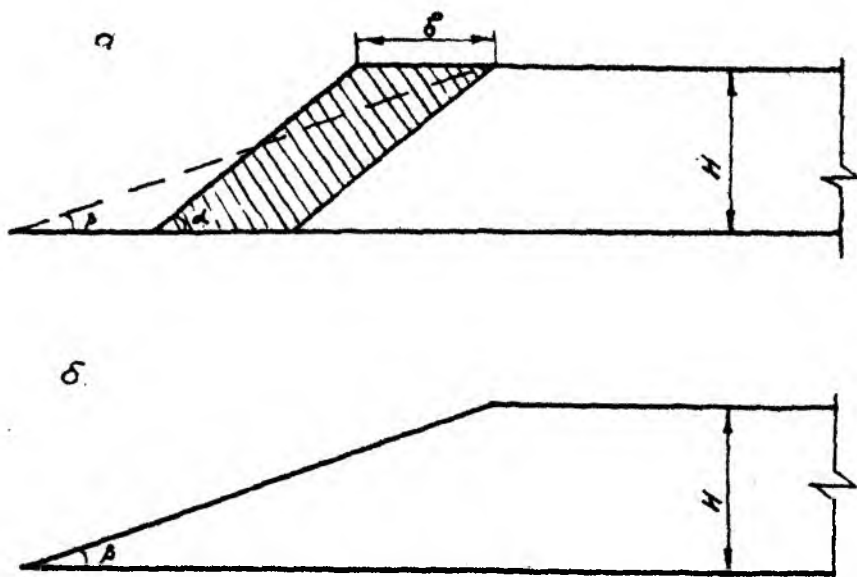


Рис.5.1. Схема селективного формирования одноярусного отвала до α и после β выколаживания

Формирование внешнего отвала по этой схеме имеет следующие преимущества: рационально используются потенциально плодородные породы, удаляемые при разработке верхних горизонтов карьера в начальный период эксплуатации месторождения; выколаживание откосов отвалов, сложенных из потенциально плодородных пород (суглинков, супесей, глин и т.д.), требует меньших трудозатрат; выкопанные откосы отвалов от момента их строительства становятся подготовленными для нанесения плодородного слоя почвы; упрощается организация работ при селективном формировании отвалов.

Рассмотрим схемы селективного формирования одноярусных бульдозерных отвалов круглой и квадратной форм с последующим выколаживанием откосов. Расчет схемы при его круглой форме производится в следующей последовательности. Определяется занимаемая отвалом площадь по формуле (1.6).

Устанавливается общий объем размещаемых вскрышных пород

$$V = V_{пн} + V_{нп}, \quad (5.2)$$

где $V_{пн}$ - объем потенциально плодородных пород, укладываемых в периферийной части отвала, м^3 ; $V_{нп}$ - объем непригодных для рекультивации пород, размещаемых в теле отвала, м^3 .

Определяется объем потенциально плодородных пород, необходимых для селективного формирования откосов отвала, в зависи-

мости от его высоты и угла выколаживания из выражения

$$V_{n.o}^{kp} = \pi H^2 (ctg \beta - ctg \alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,25 H ctg \beta + 0,75 H ctg \alpha \right). \quad (5.3)$$

Для нанесения на горизонтальную поверхность отвала необходимо иметь следующий объем потенциально плодородных пород:

$$V_{n.r}^{kp} = \pi h_{nn} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H ctg \beta \right)^2, \quad (5.4)$$

где h_{nn} — мощность нанесения потенциально плодородных пород на горизонтальную поверхность отвала, м.

Общий объем потенциально плодородных пород для селективного формирования отвала круглой формы находится так

$$V_{nn}^{kp} = V_{n.o}^{kp} + V_{n.r}^{kp}. \quad (5.5)$$

Объем горно-планировочных работ при выколаживании откоса отвала до угла β определяется по формуле

$$V_p^{kp} = 0,25 \pi H^2 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H ctg \beta \right) (ctg \beta - ctg \alpha). \quad (5.6)$$

По мере подвигания фронта отвальных работ поверхности, сформированные потенциально плодородными породами, покрываются плодородным слоем почвы. Устанавливается объем плодородного слоя почвы, укладываемого на откосы отвала,

$$V_{n.o}^{kp} = \frac{2 h_{nc}}{\sin \beta} \sqrt{VK_p \pi H}, \quad (5.7)$$

где h_{nc} — мощность нанесения плодородного слоя почвы, м.

На горизонтальную поверхность отвала укладывается следующий объем плодородного слоя почвы:

$$V_{n.r}^{kp} = \pi h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H ctg \beta \right)^2. \quad (5.8)$$

Для рекультивации внешнего отвала круглой формы необходимо иметь плодородный слой почвы в объеме

$$V_{nc}^{kp} = V_{n.o}^{kp} + V_{n.r}^{kp}. \quad (5.9)$$

При квадратной форме одноярусного отвала расчет схемы селективного формирования производится в следующем порядке. Площадь отвала в зависимости от общего объема складированных вскрышных

пород без учета потенциально плодородных пород, укладываемых на горизонтальную поверхность отвала, и необходимого объема плодородного слоя почвы определяется по формуле (I.18).

Объем потенциально плодородных пород, размещаемых на откосной части отвала, находится из выражения

$$V_{п.о.}^{кв} = 2H^2(ctg\beta - ctg\alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + 0,25Hctg\beta + 0,75Hctg\alpha \right). \quad (5.10)$$

На горизонтальную поверхность отвала укладывается следующий объем потенциально плодородных пород:

$$V_{п.г.}^{кв} = \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - Hctg\beta \right)^2 h_{пг}. \quad (5.11)$$

При квадратной форме отвала его селективное формирование возможно при объеме потенциально плодородных пород, равном

$$V_{пг}^{кв} = V_{п.о.}^{кв} + V_{п.г.}^{кв}. \quad (5.12)$$

Перед нанесением плодородного слоя почвы необходимо выполнить следующий объем горно-планировочных работ по выполаживанию откоса отвала:

$$V_0^{кв} = 0,5H^2(ctg\beta - ctg\alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + Hctg\beta \right). \quad (5.13)$$

На откосы отвала требуется укладывать плодородный слой почвы в объеме

$$V_{пс.о.}^{кв} = \frac{4h_{пс}}{\sin\beta} \sqrt{VK_p H}. \quad (5.14)$$

Для нанесения на горизонтальную поверхность отвала квадратной формы необходимо иметь следующий объем плодородного слоя почвы:

$$V_{пс.г.}^{кв} = \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - Hctg\beta \right)^2 h_{пс}. \quad (5.15)$$

Рекультивация одноярусного бульдозерного отвала квадратной формы с нанесением плодородного слоя почвы возможна при условии

$$V_{пс}^{кв} = V_{пс.о.}^{кв} + V_{пс.г.}^{кв}. \quad (5.16)$$

По предлагаемым формулам рассчитана схема селективного формирования отвалов для следующих условий: объем складировемых вскрышных пород в отвал $V = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80$ и

90 млн м³; высота отвала Н = 20 м; угол откоса отвала равен 37°; угол выполаживания откоса отвала $\beta = 21^\circ$; коэффициент разрыхления пород $K_p = 1,2$; мощность укладки потенциально плодородных пород $h_{\text{п}} = 1,2$ м; мощность нанесения плодородного слоя почвы $h_{\text{пс}} = 0,2$ м (табл.5.1).

Т а б л и ц а 5.1. Расчет объемов пород при селективном формировании отвала круглой и квадратной форм

Объем складуемых вскрышных пород, млн м ³	Площадь отвала, га	Объем потенциально плодородных пород, млн м ³	Объем плодородного слоя почвы, тыс.м ³	Объем горно-планировочных работ, тыс.м ³
10	67,4	1,3	106,1	185,9
20	130,3	2,3	220,2	258,6
30	192,6	3,2	335,6	314,4
40	254,5	4,1	451,8	361,4
50	316,2	4,9	568,4	402,8
60	377,7	5,8	685,4	440,3
70	439,1	6,6	802,6	474,7
80	500,4	7,5	920,0	506,7
90	561,7	8,3	1037,5	536,9
10	68,3	1,5	139,0	211,3
20	131,7	2,5	266,6	293,3
30	194,3	3,4	392,5	356,3
40	256,4	4,3	517,4	409,3
50	318,3	5,2	641,8	456,1
60	380,1	6,1	765,7	498,3
70	441,6	6,9	889,3	537,2
80	503,1	7,8	1012,7	573,3
90	565,5	8,6	1135,8	607,3

Расчеты показывают, что при увеличении объемов размещаемых вскрышных пород от 10 до 90 млн м³ для селективного формирования отвала объем потенциально плодородных пород при его круглой форме должен составлять от 13 до 9,2%, а при квадратной – от 15,0 до 9,6%. Объем горно-планировочных работ при квадратной форме

отвала всегда больше, чем при круглой. Это объясняется тем, что при квадратной форме отвала периметр его основания всегда больше при складировании одинакового количества вскрышных пород и равенстве высоты отвала.

Предлагаемые формулы расчета схемы селективного формирования отвала позволяют установить объемы потенциально плодородных пород и плодородного слоя почвы для успешного выполнения рекультивационных работ при отсыпке одноярусных бульдозерных отвалов. Установление объемов, пригодных для рекультивации пород на стадии проектирования отвальных работ, дает возможность выбрать организацию их селективной отсыпки в отвал. По мере отсыпки отвала вскрышных пород с учетом их пригодности для биологической рекультивации в соответствии с принятой технологической схемой его селективного формирования создаются благоприятные условия для интенсификации восстановления нарушенных земель в ходе ведения вскрышных и отвальных работ.

5.2. Обоснование параметров двухъярусных отвалов при их селективном формировании

Своевременная рекультивация отвала зависит от принятой схемы формирования его поверхности. При этом важное значение имеет рациональное использование имеющегося объема потенциально плодородных пород в карьере рекультивации нарушенных земель. Размещение их в теле отвала должно соответствовать схеме его развития и способствовать скорейшему восстановлению отсыпанных поверхностей отвала. Рекультивация подготовленных поверхностей отвала не должна препятствовать нормальному ведению отвальных работ. Для этого наиболее пригодны схемы развития фронта отвальных работ от граничного контура отвала к другому или к центру. С их помощью создаются благоприятные условия для отсыпки потенциально плодородных пород на откосах и горизонтальной поверхности отвалов и своевременной рекультивации нарушенных земель в ходе отвалообразования. Этим достигается совмещение отвальных и рекультивационных работ.

В первую очередь селективно отсыпается выполняемая часть отвальных уступов из потенциально плодородных пород (рис.5.2), что дает возможность нанести плодородный слой почвы. В период

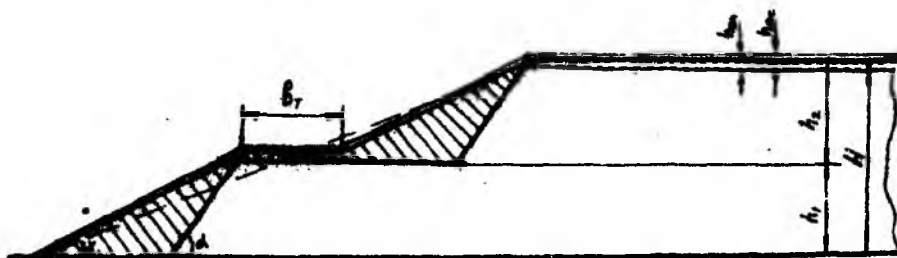
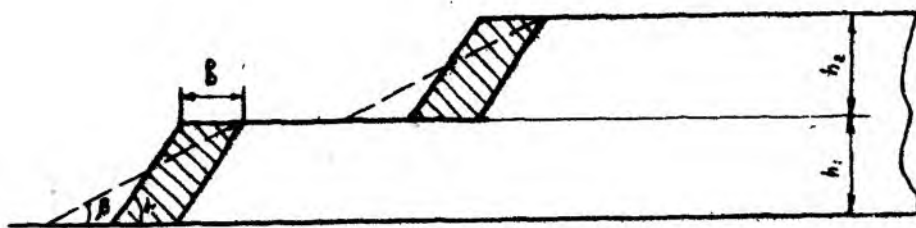


Рис. 5.2. Схема селективного формирования двухъярусного отвала с выполаживанием его откоса

отвалсообразования потенциально плодородные породы начинаются от граничного контура отвала

$$l = h_1 \operatorname{ctg} \beta, \quad (5.17)$$

здесь h_1 - высота первого отвального яруса, м; β - угол выполаживания откоса отвала, град.

Верхняя бровка откоса отвала перед выполаживанием должна отстоять от граничного контура отвала на расстояние

$$l_1 = 0,5 h_1 (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \alpha). \quad (5.18)$$

Результирующий угол откоса отвала при известной ширине террасы находится из выражения

$$\operatorname{tg} \alpha = H / (h_1 \operatorname{ctg} \beta + h_2 \operatorname{ctg} \beta + b_{\text{т}}), \quad (5.19)$$

здесь $b_{\text{т}}$ - ширина террасы, м; h_1, h_2 - высота отвальных ярусов, м.

Объем размещаемых потенциально плодородных пород и горно-планировочных работ зависит от формы отвала в основании, его высоты, значений угла естественного откоса и выполаживания. При круглой форме отвала схема селективного формирования при двухъярусном отвалообразовании вскрышных пород рассчитывается в следующей последовательности. Объем потенциально плодородных пород,

размещаемых на уровне первого отвального яруса, устанавливается по формуле

$$V'_{п.кр} = \pi h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - 0,5 h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right] \quad (5.20)$$

Объем потенциально плодородных пород, укладываемых на поверхности террасы, определяется следующим образом:

$$V_{п.кр}^T = 2\pi b_r h_{mn} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5 b_r \right), \quad (5.21)$$

здесь h_{mn} — мощность нанесения потенциально плодородных пород на горизонтальную поверхность отвала, м.

На откосе второго отвального яруса размещается объем потенциально плодородных пород:

$$V_{п.кр}^2 = \pi h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - b_r - 0,5 h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right], \quad (5.22)$$

где h_2 — высота второго отвального яруса, м.

На горизонтальную поверхность отвала укладываются потенциально плодородные породы в объеме, равном

$$V_{п.кр}^r = \pi h_{mn} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2 \quad (5.23)$$

Общий объем потенциально плодородных пород, необходимых для селективного формирования двухъярусного круглой формы отвала, составит

$$V_{п.кр} = V'_{п.кр} + V_{п.кр}^T + V_{п.кр}^2 + V_{п.кр}^r \quad (5.24)$$

Селективное формирование отвала с использованием данной схемы возможно при соотношении потенциально плодородных пород к общему объему вскрыши

$$C_p = V'_{п.кр} / V \quad (5.25)$$

После размещения потенциально плодородных пород необходимой ширины на ярусах выполняются откосы отвальных ярусов до требуемого рекультивацией угла. При этом объем выполняемых определяется так:

на первом отвальном ярусе

$$V'_{\text{кр}} = 0,25 h_1^2 (\text{ctg} \beta - \text{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \text{ctg} \gamma - 0,5 h_1 (\text{ctg} \beta - \text{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.26)$$

на втором -

$$V''_{\text{кр}} = 0,25 h_2^2 (\text{ctg} \beta - \text{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \text{ctg} \gamma - h_1 \text{ctg} \beta - b - 0,5 h_2 (\text{ctg} \beta - \text{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.27)$$

Общий объем горно-планировочных работ по выполняванию откосов отвальных ярусов при круглой форме отвала находят по выражению

$$V_{\text{кр}} = V'_{\text{кр}} + V''_{\text{кр}}. \quad (5.28)$$

Удельный объем выполнявания откосов отвала по схеме составит

$$y_{\text{кр}} = V_{\text{кр}} / 2\pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \text{ctg} \gamma \right). \quad (5.29)$$

После завершения горно-планировочных работ на откосах и усадки поверхности отвала наносится плодородный слой почвы, объем которого находится:

на откосы первого отвального яруса

$$V'_{\text{пскр}} = \frac{2\pi h_1 h_{\text{пс}}}{\sin \beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \text{ctg} \gamma - 0,5 h_1 \text{ctg} \beta \right); \quad (5.30)$$

здесь $h_{\text{пс}}$ - мощность нанесения плодородного слоя почвы, м;
на поверхность террасы

$$V''_{\text{пскр}} = 2\pi b_1 h_{\text{пс}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H \text{ctg} \gamma + 0,5 h_1 \text{ctg} \beta \right); \quad (5.31)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V''_{\text{пскр}} = \frac{2\pi h_2 h_{\text{пс}}}{\sin \beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H \text{ctg} \gamma + 0,5 h_2 \text{ctg} \beta \right); \quad (5.32)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V'''_{\text{пскр}} = \pi h_{\text{пс}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H \text{ctg} \gamma \right)^2. \quad (5.33)$$

Общий объем плодородного слоя почвы, наносимого на рекуль-

тивируемую поверхность, при селективном формировании двухъярусного круглого отвала составит

$$V_{пс.кр} = V'_{пс.кр} + V^T_{пс.кр} + V^2_{пс.кр} + V^r_{пс.кр}. \quad (5.34)$$

При квадратной форме отвала схема селективного формирования рассчитывается в следующем порядке. Объем потенциально плодородных пород, размещаемых для успешной рекультивации отвала, определяется так:

на уроне первого отвального яруса

$$V'_{п.кв} = 2h_1^2(ctg\beta - ctg\alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + Hctg\gamma - 0,5h_1(ctg\beta - ctg\alpha) \right]; \quad (5.35)$$

на поверхности террасы

$$V^T_{п.кв} = 4b_T h_m \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + Hctg\gamma - h_1 ctg\beta - 0,5b_T \right); \quad (5.36)$$

на уровне второго отвального яруса

$$V^2_{п.кв} = 2h_2^2(ctg\beta - ctg\alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - Hctg\gamma + h_2 ctg\alpha + 0,5h_2(ctg\beta - ctg\alpha) \right]; \quad (5.37)$$

на горизонтальной поверхности отвала

$$V^r_{п.кв} = h_{пп} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - Hctg\gamma \right)^2. \quad (5.38)$$

Общий объем потенциально плодородных пород для селективного формирования отвала квадратной формы определяется так

$$V_{п.кв} = V'_{п.кв} + V^T_{п.кв} + V^2_{п.кв} + V^r_{п.кв}. \quad (5.39)$$

На рекультивируемую поверхность при квадратной форме отвала укладывается следующий объем плодородного слоя почвы:

на откосы первого отвального яруса

$$V'_{пс.кв} = 4h_1 h_{пс} \frac{1}{\sin\beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + Hctg\gamma - 0,5h_1 ctg\beta \right); \quad (5.40)$$

на поверхность террасы

$$V_{пс.кв}^T = 4h_{nc}b_T \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5b_T \right); \quad (5.41)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V_{пс.кв}^2 = \frac{4h_2h_{nc}}{\sin \beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 0,5h_2 \operatorname{ctg} \beta \right); \quad (5.42)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V_{пс.кв}^r = h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2. \quad (5.43)$$

Для рекультивации квадратного отвала с нанесением плодородного слоя почвы необходимо иметь

$$V_{пс.кв} = V_{пс.кв}' + V_{пс.кв}^T + V_{пс.кв}^2 + V_{пс.кв}^r. \quad (5.44)$$

Объем выполняживания откосов отвальных ярусов при квадратной форме отвала определяется по формулам:

на уровне первого отвального яруса

$$V_{с.кв}' = 0,5h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,5h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.45)$$

второго —

$$V_{с.кв}^2 = 0,5h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - b_T - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]. \quad (5.46)$$

Общий объем горно-планировочных работ по выполняживанию откосов двухъярусных квадратной формы отвалов находится как

$$V_{с.кв} = V_{с.кв}' + V_{с.кв}^2. \quad (5.47)$$

При квадратной форме отвала на I м периметра его приходится выполнять следующий объем горно-планировочных работ:

$$У_{с.кв} = V_{с.кв} / 4 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (5.48)$$

Нами рассчитана схема селективного формирования двухъярусного отвала с выполняживанием его откоса до требуемого рекульти-

вацией угла для следующих условий (табл.5.2): объем отсыпae-
 мых в отвал вскрышных пород равен 50, 100, 150, 200, 250 и
 300 млн м³, высота отвала - 40 м, отвальных ярусов - 20 и
 19 м; угол естественного откоса отвала $\alpha = 38^{\circ}$; угол выполаживания откоса отвала $\beta = 18^{\circ}$; ширина террасы $b_r = 20$ м;
 мощность нанесения плодородного слоя почвы $h_{nc} = 0,3$ м; мощ-
 ность потенциально плодородных пород, размещаемых на рекуль-
 тивируемой поверхности отвала $h_{np} = 1,0$ м; коэффициент раз-
 рыхления вскрышных пород $K_p = 1,2$.

Т а б л и ц а 5.2. Расчет схемы селективного формирования отвала

Объем, млн м ³		Объем, тыс.м ³		Дополнительная площадь для вы- полаживания от- коса отвала, га
складируе- мых вскры- шных пород в отвал	потенциаль- но плодo- родных пород	плодородно- го слоя почвы	выполажи- вания от- косов отвала	
Круглая форма отвала				
50	4,6	554,1	758,1	11,3
100	7,0	1041,7	1065,8	15,6
150	9,5	1523,3	1302,0	18,9
200	11,6	2003,3	1482,1	21,7
250	13,7	2476,7	1676,6	24,2
300	15,8	2947,9	1835,2	26,4
Квадратная форма отвала				
50	5,2	569,9	894,7	12,0
100	9,1	1066,3	1241,7	17,8
150	11,9	1552,0	1508,0	21,5
200	14,6	2032,0	1732,5	24,7
250	17,0	2508,5	1930,2	27,5
300	19,4	2982,4	2109,0	30,0

Как видно из табл.5.2, при квадратной форме отвала требу-
 ется значительно больше потенциально плодородных пород для
 его селективного формирования, чем при круглой. Также прихо-
 дится большой объем выполаживания, что объясняется увеличени-
 ем периметра квадратной формы отвала.

При селективном формировании отвала по предлагаемой схеме с использованием пригодных для рекультивации пород, сложенных из суглинков и супесей, создаются благоприятные условия для ускорения процесса восстановления нарушенных площадей в ходе ведения отвальных работ. Размещение потенциально плодородных пород в приконтурной части отвала способствует уменьшению трудозатрат на выполняживание откоса отвала, так как горно-планировочные работы по его откосу осуществляются по мягким породам.

Таким образом, селективное формирование отвала позволяет совместить отвальные и рекультивационные работы. Необходимым условием успешного выполнения восстановительных работ является рациональное использование имеющегося объема потенциально плодородных пород при введении горных работ. Предлагаемые формулы дают возможность установить объем пригодных и непригодных для рекультивации вскрышных пород в соответствии с принятым проектным решением и могут применяться на стадии проектирования и осуществления технической рекультивации нарушенных земель.

5.3. Расчет схем селективного формирования трехъярусного отвала с выполняживанием его откоса

Отвал круглой формы

Селективное формирование отвала независимо от числа ярусов предусматривает размещение пригодных для рекультивации вскрышных пород на его горизонтальной поверхности и откосе. Рассмотрим схему (рис.5.3) селективного формирования трехъярусного бульдозерного отвала круглой формы с выполняживанием его откоса. По схеме периферийная часть каждого отвального яруса отсыпается мощным слоем потенциально плодородных пород. В результате этого приконтурная часть отвала формируется из потенциально плодородных пород с некоторым опережением фронта отвальных работ при их отсыпке (рис.5.4). Это связано с выходом значительных объемов потенциально плодородных пород из карьера в первые годы его эксплуатации.

В зависимости от высоты и угла выполняживания откоса отвала начало отсыпки потенциально плодородных пород должно находиться

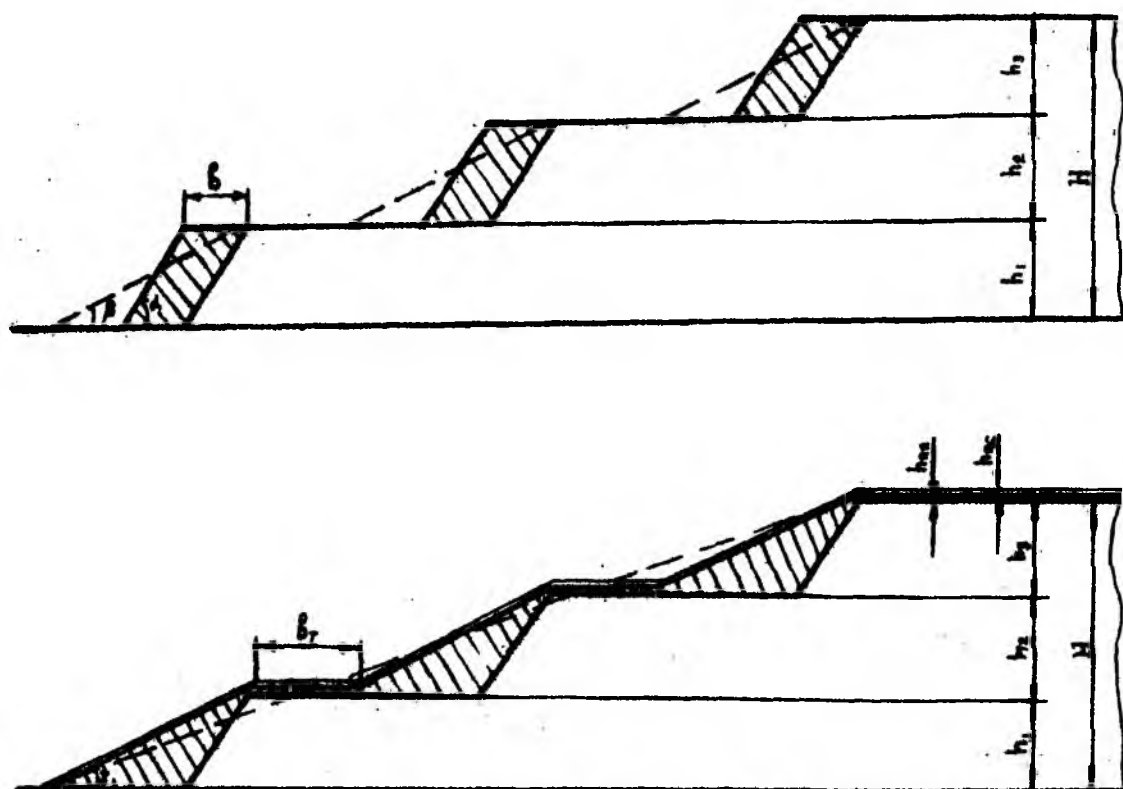


Рис. 5.3. Схема выполаживания откосов трехъярусных отвалов от предельного контура отвала и верхней бровки отвальных ярусов на расстоянии

$$l = h_i \operatorname{ctg} \beta, \quad (5.49)$$

где h_i - высота отвального яруса, м.

Площадь, занимаемую отвалом круглой формы, в зависимости от объема складировемых вскрышных пород, его высоты и результирующего угла откоса можно определить по формуле (I.6). Результирующий угол откоса отвала находится по выражению

$$\operatorname{tg} \gamma = H / \left(\sum_{i=1}^n h_i \operatorname{ctg} \beta + \sum_{i=1}^n b_i \right), \quad (5.50)$$

где n - число отвальных ярусов; b_i - ширина террасы, м.

Объемы потенциально плодородных пород, укладываемых при селективном формировании трехъярусного отвала с оставлением террасы на ярусах и выполаживанием откосов отвалов, находятся по формулам:

на уровне первого отвального яруса

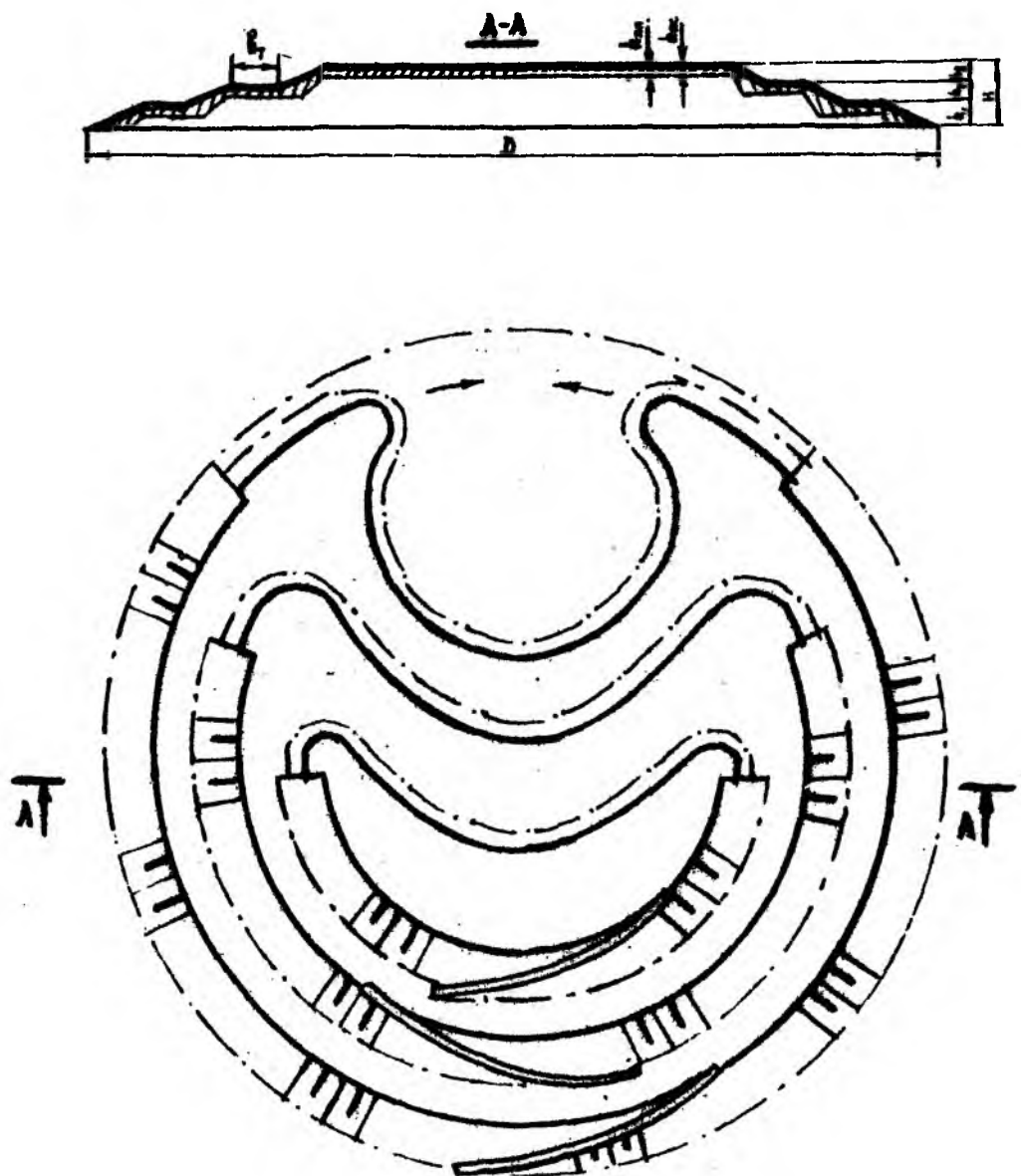


Рис. 5.4. Схема селективного формирования трехъярусного отвала круглой формы

$$V_{nn,kr}'' = \pi h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - 0,75 h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right], \quad (5.51)$$

где h_1 - высота первого отвального яруса, м;

на поверхности террасы первого отвального яруса

$$V_{nn,1}^T = 2\pi b_{T,1} h_{nn} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5 b_{T,1} \right), \quad (5.52)$$

где $b_{т,1}$ - ширина террасы на первом отвальном ярусе, м; $h_{от}$ - мощность нанесения потенциально плодородных пород на поверхность террасы, м;

на уровне второго отвального яруса

$$V_{от,кр}^{бт} = \pi h_2^2 (ctg\beta - ctg\alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_2}{\pi H}} + \frac{Hctg\gamma}{2} - h_2 ctg\beta - b_{т,1} - 0,75 h_2 (ctg\beta - ctg\alpha) \right] \quad (5.53)$$

где h_2 - высота второго отвального яруса, м;

на поверхности террасы второго отвального яруса

$$V_{от,2}^T = 2\pi b_{т,2} h_{от} \left(\sqrt{\frac{VK_2}{\pi H}} - 0,5 Hctg\gamma + h_3 ctg\beta + 0,5 b_{т,2} \right), \quad (5.54)$$

где $b_{т,2}$ - ширина террасы второго отвального яруса, м; h_3 - высота третьего отвального яруса, м;

на уровне третьего отвального яруса

$$V_{от,кр}^{TP} = \pi h_3^2 (ctg\beta - ctg\alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_2}{\pi H}} - \frac{Hctg\gamma}{2} + 0,75 h_3 (ctg\beta - ctg\alpha) \right]; \quad (5.55)$$

на горизонтальной поверхности отвала

$$V_{от,кр}^r = \pi h_{от} \left(\sqrt{\frac{VK_2}{\pi H}} - 0,5 Hctg\gamma \right)^2. \quad (5.56)$$

Общий объем потенциально плодородных пород при селективном формировании трехъярусного отвала круглой формы с оставлением террасы на ярусах и выполаживанием откосов отвала равен

$$V_{от,кр} = V_{от,кр}^n + V_{от,1}^T + V_{от,кр}^{бт} + V_{от,2}^T + V_{от,кр}^{TP} + V_{от,кр}^r. \quad (5.57)$$

После отсыпки потенциально плодородных пород на уровне отвальных ярусов до нанесения их на горизонтальную поверхность террасы и отвала производится выполаживание откосов отвалов до требуемого рекультивацией угла. Объем выполаживания по отвальным ярусам определяется так:

на первом отвальном ярусе

$$V_{от,кр}^n = 0,25 \pi h_1^2 (ctg\beta - ctg\alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_2}{\pi H}} + 0,5 Hctg\gamma - 0,5 h_1 ctg\beta \right); \quad (5.58)$$

на втором —

$$V_{в.кр}^{в_1} = 0,25\pi h_2^2 (\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} - h_2 \operatorname{ctg}\beta - b_{1,1} - 0,5 h_2 \operatorname{ctg}\alpha \right); \quad (5.59)$$

на третьем —

$$V_{в.кр}^{т_1} = 0,25\pi h_3^2 (\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} + 0,5 h_3 \operatorname{ctg}\alpha \right). \quad (5.60)$$

Общий объем горно-планировочных работ по выполаживанию откосов отвальных ярусов трехъярусного отвала круглой формы определяют по выражению

$$V_{в.кр} = V_{в.кр}'' + V_{в.кр}^{в_1} + V_{в.кр}^{т_1}. \quad (5.61)$$

Удельный объем выполаживания откосов отвала в м³/м по схеме составит

$$y_{в.кр} = V_{в.кр} / 2\pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} \right). \quad (5.62)$$

По мере окончания работ по выполаживанию откосов отвальных ярусов и усадки наносится плодородный слой почвы, объем которого по месту его укладки равен:

на откосе первого отвального яруса

$$V_{пс.кр}'' = \frac{2\pi h_1 h_{пс}}{\sin\beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} - 0,5 h_1 \operatorname{ctg}\alpha \right), \quad (5.63)$$

где $h_{пс}$ — мощность нанесения плодородного слоя почвы, м;

на поверхности террасы первого отвального яруса

$$V_{пс.1}^{т_1} = 2\pi b_{1,1} h_{пс} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} - h_2 \operatorname{ctg}\beta - 0,5 b_{1,1} \right); \quad (5.64)$$

на откосе второго отвального яруса

$$V_{пс.кр}^{в_1} = \frac{2\pi h_2 h_{пс}}{\sin\beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} - h_2 \operatorname{ctg}\beta - b_{1,1} - 0,5 h_2 \operatorname{ctg}\alpha \right); \quad (5.65)$$

на поверхности террасы второго отвального яруса

$$V_{пс.2}^{т_1} = 2\pi b_{1,2} h_{пс} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} + h_3 \operatorname{ctg}\beta + 0,5 b_{1,2} \right); \quad (5.66)$$

на откосе третьего отвального яруса

$$V_{пс.кр}^{т_1} = \frac{2\pi h_3 h_{пс}}{\sin\beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - \frac{H \operatorname{ctg}\alpha}{2} + 0,5 h_3 \operatorname{ctg}\alpha \right); \quad (5.67)$$

на горизонтальной поверхности отвала

$$V_{пскр}^r = J h_{пс} \left(\sqrt{\frac{V K_p}{J H}} - 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha \right)^2 \quad (5.68)$$

Общий объем плодородного слоя почвы, наносимого на рекультивируемую поверхность, при селективном формировании трехъярусного отвала с выполаживанием его откосов находится по выражению

$$V_{пскр} = V_{пскр}'' + V_{пс.1}^r + V_{пс.кp}^{BT} + V_{пс.2}^r + V_{пс.кp}^{TP} + V_{пс.кp}^r \quad (5.69)$$

Произведен расчет схемы селективного формирования трехъярусного отвала с выполаживанием его откосов до требуемого рекультивацией угла при следующих условиях: объем отсыпаемых в отвал вскрышных пород 50, 100, 150 и 200 млн м³; высота отвала—60 м, отвальных ярусов — 20, 20 и 18,7 м; угол естественного откоса отвала $\alpha = 38^\circ$; угол выполаживания откоса отвала $\beta = 21^\circ$; ширина террасы — 20 м; мощность нанесения плодородного слоя почвы $h_{пс} = 0,3$ м; мощность потенциально плодородных пород $h_{пп} = 1,0$ м; коэффициент разрыхления вскрышных пород $K_p = 1,2$ (табл. 5.3).

Т а б л и ц а 5.3. Параметры схемы селективного формирования трехъярусного отвала круглой формы

Объем, млн м ³		Объем, тыс.м ³	
складируемых вскрышных по- род в отвал	потенциально плодородных пород	плодородного слоя почвы	выполаживания откосов отвала
50	3,8	506,9	634,1
100	6,0	899,4	896,1
150	7,8	1255,5	1096,0
200	8,9	1504,4	1267,8

Расчеты схемы селективного формирования трехъярусного отвала круглой формы показывают, что при складировании 50-200 млн м³ вскрышных пород высотой 60 м для селективного формирования 7,6-4,4% должны составлять потенциально плодородные породы, 1,02-0,75% — плодородный слой почвы. При селективном

формировании необходимо выполнить горно-планировочные работы, в процессе которых 1,27-0,64% вскрышных пород подлежит к перемещению вследствие выполаживания откосов отвальных ярусов способом сверху вниз.

Таким образом, для интенсификации рекультивации внешних отвалов на стадии проектирования горных работ необходимо составить схему селективного формирования отвала и установить объемы потенциально плодородных пород и слоя почвы по месту их размещения в теле отвала.

Отвал квадратной формы

Сторона квадратного отвала в основании определяется по формуле (рис.5.5)

$$L = \sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma. \quad (5.70)$$

Объемы потенциально плодородных почв, размещаемых в приоткосной и горизонтальной частях отвальных ярусов, определяются по формулам:

на первом отвальном ярусе

$$V'_{п.к.1} = 2h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,75h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.71)$$

на поверхности террасы первого отвального яруса

$$V^T_{п.к.1} = 4b_1 h_{п1} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5b_1 \right); \quad (5.72)$$

на втором отвальном ярусе

$$V^2_{п.к.2} = 2h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - b_1 - 0,75h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.73)$$

на поверхности террасы второго отвального яруса

$$V^T_{п.к.2} = 4b_2 h_{п2} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + h_2 \operatorname{ctg} \beta + 0,5b_2 \right); \quad (5.74)$$

на третьем отвальном ярусе

$$V^3_{п.к.3} = 2h_3^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 0,75h_3 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.75)$$

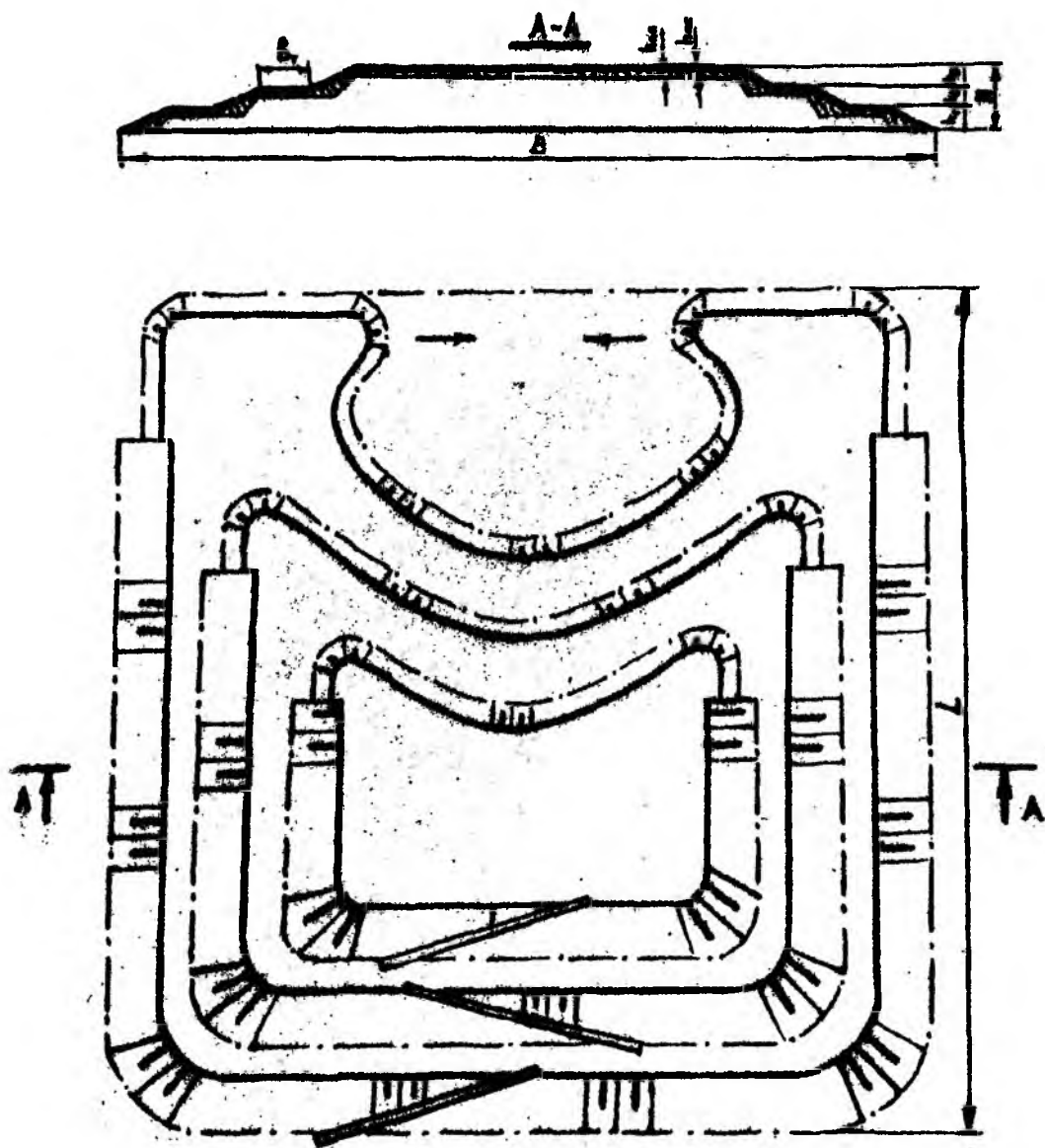


Рис. 5.5. Схема селективного формирования
трехъярусного отвала квадратной формы
с выполнением его откоса

на горизонтальной поверхности отвала

$$V'_{\text{отвал}} = h_{\text{от}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2 \quad (5.76)$$

Общий объем потенциально плодородных пород при селективном формировании трехъярусного отвала складывается из объемов, определяемых по формулам (5.72)–(5.76).

После отсыпки потенциально плодородных пород осуществляется выполаживание откосов отвальных ярусов. При этом объемы горно-планировочных работ в основном зависят от высоты отвального яруса, угла его естественного откоса и выполаживания и определяются по формулам:

на уровне первого отвального яруса

$$V'_{\text{отвал}} = 0,5 h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,75 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) h_1 \right]; \quad (5.77)$$

второго —

$$V''_{\text{отвал}} = 0,5 h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,75 h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.78)$$

третьего —

$$V'''_{\text{отвал}} = 0,5 h_3^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 0,75 h_3 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.79)$$

Общий объем горно-планировочных работ при выполаживании трехъярусного отвала квадратной формы равен сумме (5.77)–(5.79).

При формировании трехъярусного отвала квадратной формы на I м периметра отвала необходимо выполнить следующий объем горно-планировочных работ:

$$U_{\text{отвал}} = V_{\text{отвал}} / 4 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (5.80)$$

По мере окончания работ по выполаживанию откосов отвальных ярусов и усадки их поверхностей производится нанесение плодородного слоя почвы в объеме, равном:

на откосы первого отвального яруса

$$V'_{\text{отвал}} = \frac{4 h_1 h_{\text{нс}}}{\sin \beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,5 h_1 \operatorname{ctg} \beta \right); \quad (5.81)$$

на поверхность террасы первого отвального яруса

$$V''_{\text{отвал}} = 4 h_{\text{нс}} b_{\text{т1}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5 b_{\text{т1}} \right); \quad (5.82)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V_{\text{н.к.б}}^2 = \frac{4h_2h_{\text{н.к.}}}{\sin \beta} \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \alpha - h_2 \operatorname{ctg} \beta - b_{\text{т.}} - 0,75h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.83)$$

на поверхность террасы второго отвального яруса

$$V_{\text{н.к.б}}^{2.2} = 4h_{\text{н.к.}}b_{\text{т.}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \alpha + h_2 \operatorname{ctg} \beta + 0,5b_{\text{т.}} \right); \quad (5.84)$$

на откосы третьего отвального яруса

$$V_{\text{н.к.б}}^3 = \frac{4h_3h_{\text{н.к.}}}{\sin \beta} \left[\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \alpha + 0,5h_3 \operatorname{ctg} \beta \right]; \quad (5.85)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V_{\text{н.к.б}}^4 = h_{\text{н.к.}} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \alpha \right)^2. \quad (5.86)$$

Для рекультивации трехъярусного отвала квадратной формы с нанесением плодородного слоя почвы необходимо иметь объем, определяемый по формулам (5.81)–(5.86).

Нами произведен расчет необходимого объема потенциально плодородных пород, плодородного слоя почвы и выполняемых горно-планировочных работ при рекультивации трехъярусного отвала квадратной формы для следующих условий: объем отсыпанных в отвал вскрышных пород 50, 100, 150 и 200 млн м³; высота отвала – 60 м, отвальных ярусов – 20, 20 и 18,7 м, угол естественного откоса отвала $\alpha = 38^\circ$; угол выполаживания откоса отвала $\beta = 21^\circ$; ширина террасы – 20 м; мощность нанесения плодородного слоя почвы $h_{\text{н.к.}} = 0,3$ м; мощность потенциально плодородных пород $h_{\text{п.п.}} = 1,0$ м; коэффициент разрыхления вскрышных пород $K_p = 1,2$ (табл. 5.4).

Т а б л и ц а 5.4. Параметры схемы формирования трехъярусного отвала квадратной формы

Объем, млн м ³		Объем, тыс. м ³	
складируемых вскрышных пород в отвал	потенциально плодородных пород	плодородного слоя почвы	выполаживания откосов отвала
50	4,2	523,3	762,2
100	6,5	920,1	1077,9
150	8,4	1285,6	1205,0
200	10,3	1646,9	1524,4

При селективном формировании трехъярусного отвала квадратной формы высотой 60 м из общего объема вскрышных пород 50–200 млн м³ должны составлять 8,40–5,15% потенциально плодородные породы и 1,07–0,82% плодородный слой почвы. Выполнение этих условий обеспечит своевременную рекультивацию поверхности трехъярусного отвала по предлагаемой схеме. После отсыпки потенциально плодородных пород часть из них подлежит к перемещению при выполняживании откосов отвальных ярусов, которые составляют 1,52–0,76% общего объема складированной вскрыши.

Предлагаемая методика работы схемы селективного формирования трехъярусного отвала с выполняживанием откосов отвальных ярусов может использоваться на стадии проектирования горных работ и при выполнении рекультивационных работ на карьерах.

Прямоугольная форма отвала

Селективное формирование внешнего отвала возможно при своевременном оставлении проектов его рекультивации и установлении необходимых объемов потенциально плодородных пород и слоя почвы. Установление объемов, пригодных для рекультивации вскрышных пород, должно осуществляться в соответствии с принятой схемой и последовательностью размещения их в теле отвала.

Объем потенциально плодородных пород, размещаемых при селективном формировании отвала (рис. 5.6), в зависимости от его параметров устанавливается по формулам:

на уровне первого отвального яруса

$$V'_{m,n} = h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) (n+1) \left[\sqrt{\frac{VK}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,75 h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.87)$$

на поверхности террасы первого отвального яруса

$$V_{m,n}^{T,1} = 2 b_{T,1} h_{m,n} (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5 b_{T,1} \right); \quad (5.88)$$

на уровне второго отвального яруса

$$V_{m,n}^2 = h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) (n+1) \left[\sqrt{\frac{VK}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - b_{T,1} - 0,75 h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.89)$$

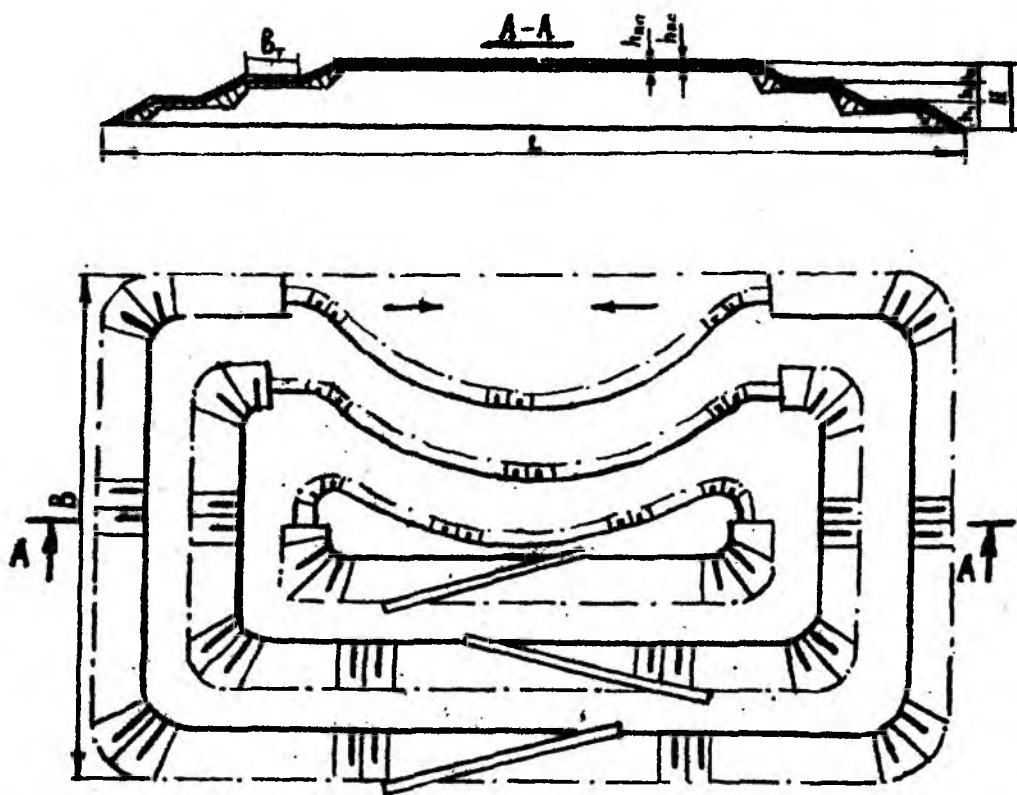


Рис. 5.6. Схема селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы

на поверхности террасы второго отвального яруса

$$V_{n,n}^2 = 2b_{r,2}h_{nn}(n+1)\left(\sqrt{\frac{VK_2}{nH}} - H\operatorname{ctg}\gamma + h_3\operatorname{ctg}\beta + 0,5b_{r,2}\right); \quad (5.90)$$

на уровне третьего отвального яруса

$$V_{n,n}^3 = h_3^2(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha)(n+1)\left[\sqrt{\frac{VK_2}{nH}} - H\operatorname{ctg}\gamma + 0,75h_3(\operatorname{ctg}\beta - \operatorname{ctg}\alpha)\right]; \quad (5.91)$$

на горизонтальной поверхности отвала

$$V_{n,n}^r = h_{nn}n\left(\sqrt{\frac{VK_2}{nH}} - H\operatorname{ctg}\gamma\right)^2. \quad (5.92)$$

Общий объем потенциально плодородных пород для селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы находится по выражению

$$V_{п.п.} = V'_{п.п.} + V^{1.1}_{п.п.} + V^2_{п.п.} + V^{1.2}_{п.п.} + V^3_{п.п.} + V^{1.5}_{п.п.} \quad (5.93)$$

После отсыпки потенциально плодородных пород производится выполаживание откосов отвальных ярусов до требуемого рекультивацией угла. Объемы выполаживания устанавливаются по выражениям:

на первом отвальном ярусе

$$V'_{e.п.} = 0,25 h_1^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) (n+1) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,5 h_1 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.94)$$

на втором —

$$V_{e.п.}^2 = 0,25 h_2^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) (n+1) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - b_{п.п.} - 0,5 h_2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.95)$$

на третьем —

$$V_{e.п.}^3 = 0,25 h_3^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) (n+1) \left[\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 0,5 h_3 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) \right]; \quad (5.96)$$

При рекультивации трехъярусного отвала с выполаживанием отвальных ярусов необходимо выполнить следующий объем горно-планировочных работ:

$$V_{e.п.} = V'_{e.п.} + V_{e.п.}^2 + V_{e.п.}^3 \quad (5.97)$$

Удельный объем горно-планировочных работ на 1 м периметра трехъярусного отвала при выполаживании отвальных ярусов находится по формуле

$$\gamma_{e.п.} = V_{e.п.} / 2 (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (5.98)$$

После завершения горно-планировочных работ на рекультивируемую поверхность отвала наносится плодородный слой почвы, объем которого по месту его укладки определяется по формулам;

на откосы первого отвального яруса

$$V'_{пс.п.} = \frac{2 h_1 h_{пс.}}{\sin \beta} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 0,5 h_1 \operatorname{ctg} \beta \right) (n+1); \quad (5.99)$$

на поверхность террасы первого отвального яруса

$$V'_{пс.п} = 2b_1 h_{пс} (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \beta - 0,5 b_1 \right); \quad (5.100)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V^2_{пс.п} = \frac{2h_2 h_{пс}}{\sin \beta} (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + h_1 \operatorname{ctg} \beta - b_1 - 0,5 h_2 \operatorname{ctg} \beta \right); \quad (5.101)$$

на поверхность террасы второго отвального яруса

$$V^{т.2}_{пс.п} = 2b_{т.2} h_{пс} (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - h_1 \operatorname{ctg} \beta + h_2 \operatorname{ctg} \beta + 0,5 b_{т.2} \right); \quad (5.102)$$

на откосы третьего отвального яруса

$$V^3_{пс.п} = \frac{2h_3 h_{пс}}{\sin \beta} (n+1) \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - h_1 \operatorname{ctg} \beta + 0,5 h_3 \operatorname{ctg} \beta \right); \quad (5.103)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V^r_{пс.п} = h_{пс} n \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2. \quad (5.104)$$

Для рекультивации трехъярусного отвала прямоугольной формы с использованием плодородного слоя почвы необходимо иметь

$$V_{пс.п} = V'_{пс.п} + V^{т.1}_{пс.п} + V^2_{пс.п} + V^{т.2}_{пс.п} + V^3_{пс.п} + V^r_{пс.п}. \quad (5.105)$$

Нами рассчитана схема селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы для следующих условий: отношения длины отвала к ширине 1,5; 2,0; 2,5; 3,0 (табл.5.5)

Т а б л и ц а 5.5. Параметры схемы трехъярусного отвала прямоугольной формы

Отношение длины от- вала к его ширине	Объем, млн м ³		Объем, тыс.м ³	
	складируе- мых вскрыш- ных пород в отвал	потенциаль- но плодород- ных пород	плодородно- го слоя почвы	выполажива- ния откосов отвала
1,5	50	4,2	527,3	779,4
2,0		4,3	535,2	810,3
2,5		4,4	543,8	845,1
3,0		4,6	553,6	881,7
1,5	100	6,5	921,2	1102,2
2,0		6,7	932,6	1146,1
2,5		6,9	944,8	1195,4
3,0		7,1	958,3	1246,9
1,5	150	8,5	1294,1	1350,4
2,0		8,7	1306,0	1402,8
2,5		9,0	1322,2	1464,1
3,0		9,3	1339,9	1528,1
1,5	200	10,4	1655,5	1559,6
2,0		10,7	1679,9	1620,5
2,5		11,1	1688,7	1691,1
3,0		11,2	1708,7	1764,9

Расчеты показывают, что при прямоугольной форме отвала с увеличением отношения длины к его ширине возрастают необходи-
мые объемы потенциально плодородных пород и слоя почвы при по-
стоянной высоте отвала. Так, при складировании 50 млн м³
вскрышных пород, высоте отвала 60 м, отношении длины отвала к
его ширине 1,5–3,0 для селективного формирования отвала требу-
ется иметь от 8,4 до 9,2% потенциально плодородных пород и от
1,06 до 1,17% плодородного слоя почвы от общего объема вскрыш-
ки. При складировании 50–200 млн м³ вскрышных пород высотой
60 м, отношении длины отвала к его ширине 1,5–3,0 необходимо
иметь 8,4–5,6% потенциально плодородных пород и 1,06–0,85%

плодородного слоя почвы от общего объема вскрыши. При прямоугольной форме трехъярусного отвала по сравнению с круглой и квадратной при постоянной высоте отвала для селективного формирования требуется больше потенциально плодородных пород и слоя почвы.

Таким образом, предлагаемая методика для установления параметров трехъярусного отвала с выполаживанием отвальных ярусов позволяет установить в соответствии с принятой схемой селективного формирования объема потенциально плодородных пород и слоя почвы на стадии проектирования горных работ. Применение данной схемы способствует интенсификации рекультивации на открытых разработках.

5.4. Установление параметров трехъярусных отвалов при их селективном формировании

При селективном формировании отвала, несмотря на усложнение технологии вскрышных и отвальных работ, создаются благоприятные условия для последующего освоения восстановленных площадей и удешевляются рекультивационные работы. Один из эффективных способов формирования внешнего отвала с учетом рекультивации – оставление террас на его откосах. Устройство террас при отвалообразовании исключает выполаживание откосов. При этом результирующий угол откоса отвала не должен превышать принятых величин, согласно направлению рекультивации. Необходимо отметить, что выполаживание откосов отвалов требует значительных трудозатрат и изъятия дополнительных земельных площадей. Для ускорения рекультивации многоярусных отвалов круглой формы предлагается схема (рис. 5.7) селективного формирования, предусматривающая отсыпку его приоткосной части из потенциально плодородных пород по мере отвалообразования. При применении данной схемы въезды располагаются в пределах отвальной площади на откосах отвала. Наибольший эффект при использовании этой схемы достигается при опережающей отсыпке периферийной части отвала с равным одновременным подвиганием всех отвальных ярусов. Это благоприятно влияет на ускорение рекультивационных работ по отвалу. Данная схема имеет ряд преимуществ по сравнению с другими схемами отсыпки отвала: рационально используются потенциально пло-

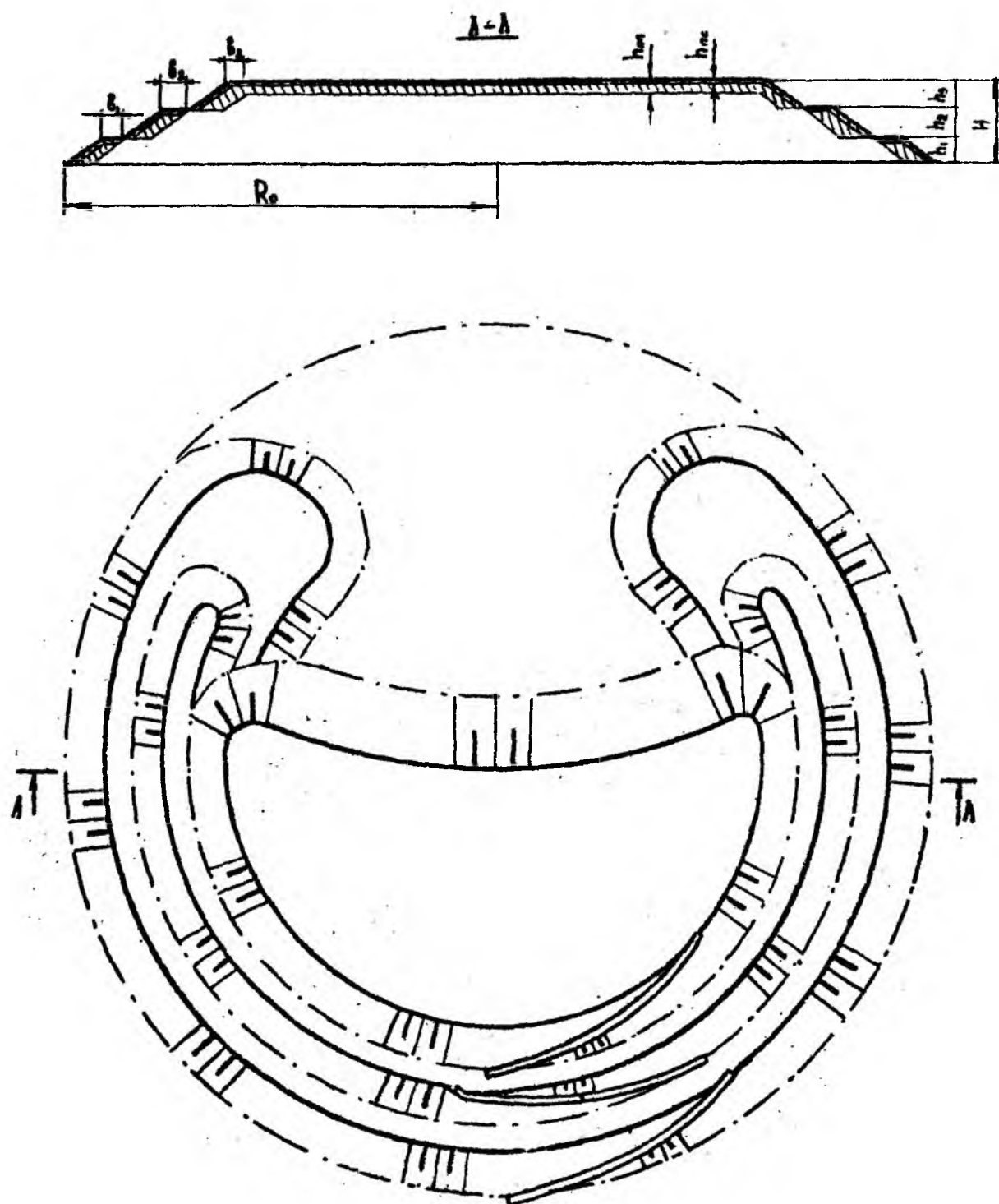


Рис. 5.7. Селективное формирование трехъярусного отвала круглой формы без выполаживания его откоса

дородные породы, удаляемые в первые годы эксплуатации карьера; приоткосная часть отвала имеет значительную мощность пригодных для рекультивации пород, что важно для устойчивого роста растений с развитой корневой системой; нет необходимости в выполаживании откосов отвала, вследствие чего уменьшаются затраты на его формирование; не требуется изъятия дополнительной земельной площади на выполаживание откосов отвала и размещение внешних въездов на отвал; после отсыпки террас из потенциально плодородных пород возможно нанесение на рекультивируемую поверхность плодородного слоя почвы.

На небольших карьерах наиболее благоприятна с точки зрения рационального землепользования круглая форма отвала. Рассмотрим расчет схемы селективного формирования отвалов круглой формы и установление показателей использования земель.

Ширина террасы при принятом значении результирующего угла откоса отвала находится по выражению

$$b_i = \frac{H - nh_i \operatorname{tg} \gamma \operatorname{ctg} \alpha}{(n-1) \operatorname{tg} \gamma} \quad (5.106)$$

По схеме на каждом отвальном ярусе требуется размещение определенного объема потенциально плодородных пород. Их объем в основном зависит от ширины террасы и высоты отвального яруса. Объем потенциально плодородных пород, укладываемых на отвальных ярусах, устанавливается:

на первом отвальном ярусе

$$V_{\text{кр.п.}}^{\text{I}} = 2\pi b_1 h_1 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma \right), \quad (5.107)$$

где h_1 - высота первого отвального яруса, м; b_1 - ширина террасы на первом отвальном ярусе, м;

на втором отвальном ярусе

$$V_{\text{кр.п.}}^{\text{II}} = 2\pi b_{r2} h_2 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \alpha - b_{r1} \right), \quad (5.108)$$

где h_2 - высота второго отвального яруса, м; b_{r2} - ширина террасы на втором отвальном ярусе, м;

на третьем отвальном ярусе

$$V_{\text{кр.п.}}^{\text{III}} = 2\pi b_{r3} h_3 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0,5 H \operatorname{ctg} \gamma + h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right), \quad (5.109)$$

где h_3 - высота третьего отвального яруса, м; b_3 - ширина отсыпки потенциально плодородных пород на третьем отвальном ярусе, м;

на горизонтальной поверхности отвала

$$V_{кр.от}^r = \pi h_{от} \left(\sqrt{\frac{VK_e}{\pi H}} - 0.5 H \sigma \gamma \right)^2, \quad (5.II0)$$

где $h_{от}$ - мощность нанесения потенциально плодородных пород на горизонтальную поверхность отвала, м.

Установление объемов пригодных для рекультивации пород по месту укладки их в теле отвала даст возможность планировать рекультивационные работы при его селективном формировании. Общий объем потенциально плодородных пород, необходимых для селективного формирования отвала при предлагаемой схеме, находится из выражения

$$V_{кр.от} = V_{кр.от}^n + V_{кр.от}^{b_1} + V_{кр.от}^{b_2} + V_{кр.от}^r. \quad (5.III)$$

Успешное применение данной схемы селективного формирования многоярусного внешнего отвала возможно при соблюдении значения коэффициента селективности отсыпки потенциально плодородных пород

$$K_c = V_{кр.от} / V. \quad (5.II2)$$

Рациональное использование имеющегося объема потенциально плодородных пород в карьере для селективного формирования отвала ускорит процесс его рекультивации. Поэтому установление коэффициента селективности позволит планировать разработку пригодных для рекультивации пород в соответствии с подвиганием отвальных работ.

После формирования приоткосной части отвала из потенциально плодородных пород ее поверхность покрывается плодородным слоем почвы. Нанесение его осуществляется после полной усадки поверхности отвала. Усадка отвала определяется периодически нивелированием его поверхности. Обычно продолжительность усадки бульдозерных отвалов в зависимости от физико-механических свойств пород составляет 1-2 года. Перед нанесением плодот-

родного слоя почвы: горизонтальная поверхность отвала тщательно выравнивается с уклоном не более 2° . Мощность нанесения плодородного слоя почвы зависит от его объема и на открытых разра-ботках колеблется в пределах 0,1–0,4 м.

Объем плодородного слоя, наносимого на рекультивируемую поверхность отвала, определяется по формулам:

на откосы первого отвального яруса

$$V_{кр.пс}^{01} = \frac{2\pi h_1 h_{пс}}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg} \alpha}{2} - \frac{h_1 \operatorname{ctg} \alpha}{2} \right), \quad (5.113)$$

где $h_{пс}$ – мощность нанесения плодородного слоя почвы, м;
на поверхность террасы первого отвального яруса

$$V_{кр.пс}^{11} = 2\pi b_{r1} h_{пс} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \operatorname{ctg} \alpha}{2} - h_1 \operatorname{ctg} \alpha - 0.5 b_{r1} \right); \quad (5.114)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V_{кр.пс}^{02} = \frac{2\pi h_2 h_{пс}}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha - h_1 \operatorname{ctg} \alpha - b_{r1} - 0.5 h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.115)$$

на поверхность террасы второго отвального яруса

$$V_{кр.пс}^{12} = 2\pi b_{r2} h_{пс} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha + h_2 \operatorname{ctg} \alpha + 0.5 b_{r2} \right); \quad (5.116)$$

на откосы третьего отвального яруса

$$V_{кр.пс}^{03} = \frac{2\pi h_3 h_{пс}}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha + 0.5 h_3 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.117)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V_{кр.пс}^{1'} = \pi h_{пс} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha \right)^2. \quad (5.118)$$

Общий объем плодородного слоя почвы, необходимого для ре-культивации отвала круглой формы, устанавливается из выражения

$$V_{кр.пс} = V_{кр.пс}^{01} + V_{кр.пс}^{11} + V_{кр.пс}^{02} + V_{кр.пс}^{12} + V_{кр.пс}^{03} + V_{кр.пс}^{1'}. \quad (5.119)$$

При известных параметрах отвала его периметр определяется по формуле

$$P_{кр}^* = 2\pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} - 0.5 H \operatorname{ctg} \alpha \right). \quad (5.120)$$

Периметр отвала на уровне его горизонтальной поверхности равен

Нами произведен расчет параметров внешнего отвала при предлагаемой схеме его селективного формирования для следующих условий: объем складировемых вскрышных пород $V = 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80$ и 90 млн м^3 ; высота отвальных ярусов $h_1 = h_2 = h_3 = 10$ м; ширина отсыпки потенциально плодородных пород на третьем отвальном ярусе $b_3 = 10$ м; угол откоса отвальных ярусов $\alpha = 39^\circ$; мощность нанесения плодородного слоя почвы $h_{nc} = 0,2$ м; мощность потенциально плодородных пород $h_{np} = 1,0$ м; коэффициент разрыхления вскрышных пород $K_p = 1,2$; результирующий угол откоса отвала $\gamma = 18^\circ$ (табл. 5.6).

Т а б л и ц а 5.6. Параметры внешнего отвала круглой формы

Объем складировемых вскрышных пород, млн м^3	Объем потенциально плодородных пород, млн м^3	Объем плодородного слоя почвы, тыс. м^3	Периметр отвала в основании, м	Периметр отвала на уровне его поверхности, м
10	2,5	110,4	2499	1896
20	3,7	200,3	3409	2806
30	4,6	287,3	4108	3505
40	5,6	372,6	4697	4094
50	6,4	456,9	5216	4613
60	7,1	540,6	5685	5082
70	7,9	623,7	6116	5513
80	8,2	706,4	6518	5915
90	9,4	788,7	6895	6292

Расчеты показывают, что при высоте отвала 31 м, складировании 10–90 млн м^3 вскрышных пород для селективного формирования отвала необходимо от 2,5 до 10,4% потенциально плодородных пород от общего объема вскрыши.

Селективное формирование внешнего отвала с учетом пригодности вскрышных пород для биологической рекультивации создает благоприятные условия для интенсификации восстановления нарушенных земель в ходе его эксплуатации. При формировании отвала

по разработанной схеме рационально используются потенциально плодородные породы. Предлагаемые формулы расчета селективного формирования отвала позволяют определить его основные параметры и рассчитать объемы размещаемых вскрышных пород по пригодности их в теле отвала. Эти формулы можно использовать при календарном планировании отвальных и рекультивационных работ, проектировании рекультивации нарушенных земель и сравнении различных вариантов схем селективного формирования отвала. Установление коэффициента селективности отсыпки потенциально плодородных пород даст возможность оценить эффективность применения схемы при конкретных горно-геологических и горно-технических условиях.

Объем необходимых потенциально плодородных пород и слоя почвы для селективного формирования отвала должен устанавливаться в зависимости от проектной схемы их отсыпки в теле отвала. Рассмотрим схему (рис. 5.8) селективного формирования трехъярусного отвала квадратной формы. По этой схеме периферийная часть отвала на каждом отвальном ярусе отсыпается из потенциально плодородных пород по мере подвигания отвальных работ, а отсыпка пород обеспечивает ускорение процесса рекультивации при отвалообразовании.

При квадратной форме отвала расчет схемы селективного формирования трехъярусного отвала с оставлением террасы на откосах осуществляется в следующей последовательности.

Объем потенциально плодородных пород, размещаемых в приконтурной части отвала, устанавливается по формулам:

на уровне первого отвального яруса

$$V'_{\text{кв.м}} = 4 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \alpha \right) b_1, h_1; \quad (5.122)$$

второго —

$$V^2_{\text{кв.м}} = 4 b_2 h_2 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 2 h_1 \operatorname{ctg} \alpha - 2 b_1 - h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.123)$$

третьего —

$$V^3_{\text{кв.м}} = 4 b_3 h_3 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 2 h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.124)$$

на горизонтальную поверхность отвала

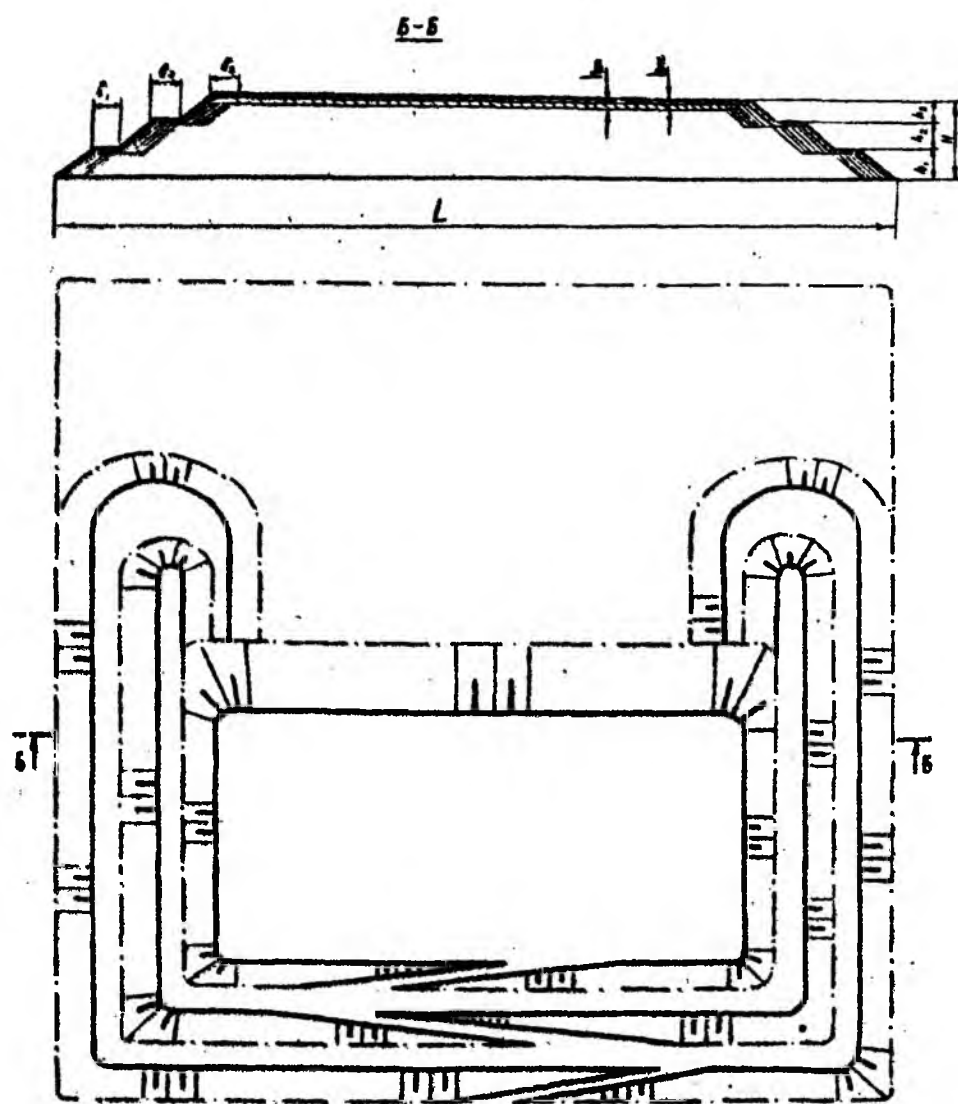


Рис. 5.8. Схема селективного формирования трехъярусного отвала квадратной формы без выполняживания его откоса

$$V_{\kappa\beta.nn}^r = h_{nn} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2 \quad (5.125)$$

Тогда для селективного формирования отвала при его квадратной форме необходимо иметь следующий объем потенциально плодородных пород:

$$V_{\kappa\beta.nn} = V_{\kappa\beta.nn}' + V_{\kappa\beta.nn}^2 + V_{\kappa\beta.nn}^3 + V_{\kappa\beta.nn}^r. \quad (5.126)$$

Объем плодородного слоя почвы, укладываемого на рекультивируемую поверхность отвала, находится по формулам:

на откосы первого отвального яруса

$$V_{\kappa\beta.nc}^{o1} = \frac{4h_1 h_{nc}}{\operatorname{Sin} \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.127)$$

на поверхность террасы первого отвального яруса

$$V_{\kappa\beta.nc}^{T1} = 4b_1 h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 2h_1 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.128)$$

на откосы второго отвального яруса

$$V_{\kappa\beta.nc}^{o2} = \frac{4h_2 h_{nc}}{\operatorname{Sin} \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 2h_1 \operatorname{ctg} \alpha - 2b_1 - h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.129)$$

на поверхность террасы второго отвального яруса

$$V_{\kappa\beta.nc}^{T2} = 4b_2 h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 2h_2 \operatorname{ctg} \alpha + b_2 \right); \quad (5.130)$$

на откосы третьего отвального яруса.

$$V_{\kappa\beta.nc}^{o3} = \frac{4h_3 h_{nc}}{\operatorname{Sin} \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma + h_3 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.131)$$

на горизонтальную поверхность отвала

$$V_{\kappa\beta.nc}^r = h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2 \quad (5.132)$$

Общий объем плодородного слоя почвы для рекультивации отвала при его квадратной форме равен

$$V_{\kappa\beta.nc} = V_{\kappa\beta.nc}^{o1} + V_{\kappa\beta.nc}^{T1} + V_{\kappa\beta.nc}^{o2} + V_{\kappa\beta.nc}^{T2} + V_{\kappa\beta.nc}^{o3} + V_{\kappa\beta.nc}^r. \quad (5.133)$$

Периметр отвала в основании при его квадратной форме в зависимости от объема складироваемых в нем вскрышных пород, его высоты и результирующего угла откоса определяется по формуле

$$P_{\text{от}}^{\circ} = 4 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} + H \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (5.134)$$

Периметр отвала на уровне горизонтальной поверхности находится по выражению

$$P_{\text{от}}' = 4 \left(\sqrt{\frac{VK_p}{H}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right). \quad (5.135)$$

Произведем расчет параметров трехъярусного отвала квадратной формы при его селективном формировании для условий, приведенных выше (табл. 5.7).

Т а б л и ц а 5.7. Параметры трехъярусного отвала квадратной формы

Объем складываемых вскрышных пород, млн м ³	Объем потенциально плодородных пород, млн м ³	Объем плодородного слоя почвы, тыс. м ³	Периметр отвала в основании, м	Периметр отвала на уровне его поверхности, м
10	2,64	121,2	2864	2096
20	3,94	215,2	3892	3124
30	5,02	305,3	4680	3912
40	6,00	393,3	5345	4577
50	6,90	479,9	5931	5162
60	7,76	565,7	6460	5692
70	8,57	650,8	6947	6179
80	9,36	735,2	7400	6632
90	10,1	819,3	7826	7057
100	10,8	902,9	8228	7460

При складировании вскрышных пород высотой 31 м, объеме 10–100 м³ для селективного формирования трехъярусного отвала квадратной формы по предлагаемой схеме необходимо иметь от 26,4 до 10,8% потенциально плодородных пород от общего объема складываемых в отвал вскрышных пород.

Таким образом, при разработке месторождения открытым способом необходимым условием своевременного восстановления нарушенных земель является выбор схемы селективного формирования внешних отвалов. При этом для успешной организации технологии селективного формирования отвала следует производить расчет необо-

димых объемов потенциально плодородных пород и олов почвы по месту их размещения в теле отвала. Формирование трехъярусного отвала по предлагаемой схеме способствует интенсификации рекультивации его поверхности в ходе ведения отвальных работ.

Уменьшение размеров нарушаемых земель на действующих предприятиях открытых разработок зависит от схемы селективного формирования внешних отвалов. При селективной отсыпке вскрышных пород по их пригодности для рекультивации создаются благоприятные условия для совмещения отвальных и рекультивационных работ, что способствует интенсификации восстановления рекультивируемой поверхности отвала.

В целях интенсификации рекультивационных работ предлагается (рис. 5.9) схема селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы. По схеме въезд на отвал предусмотрен в пределах отвального отвода и периферийная часть отвала отсыпается из потенциально плодородных почв (суглинки, супеси, лёсс и др.). При этом потенциально плодородные породы должны отсыпаться с некоторым опережением, так как их выход из карьера приходится на первые годы его эксплуатации.

Успешная организация селективного формирования отвала возможна при установлении его главных параметров на стадии проектирования горных работ. Этим облегчается непосредственное выполнение рекультивационных работ на открытых разработках. Ниже приводится методика расчета обоснования параметров трехъярусного отвала при селективной отсыпке вскрышных пород по их пригодности для рекультивации.

Объем потенциально плодородных пород, размещаемых на откосах первого отвального уступа, устанавливается из выражения

$$V'_{np.mn} = 2h_1 b_{r_1} \left(\sqrt{\frac{VK_r}{nH}} + H \operatorname{ctg} \alpha - b_{r_1} \right) (n+1). \quad (5.136)$$

На уровне второго отвального яруса отсыпается следующий объем потенциально плодородных пород:

$$V^2_{np.mn} = 2h_2 b_{r_2} \left(\sqrt{\frac{VK_r}{nH}} + H \operatorname{ctg} \alpha - 2b_{r_1} - b_{r_2} \right) (n+1). \quad (5.137)$$

Для селективного формирования на третьем отвальном ярусе необходимо иметь потенциально плодородные породы в объеме, равном

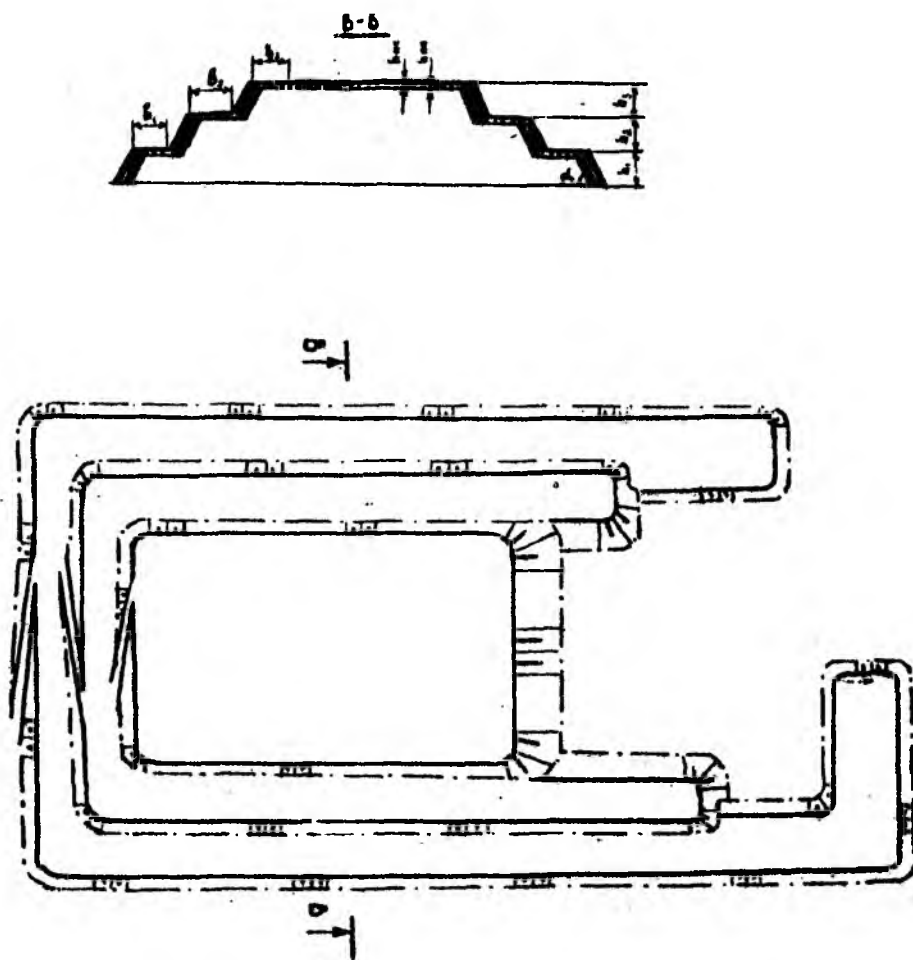


Рис. 5.9. Схема селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы без выполаживания его откоса

$$V_{пр.оп}^3 = 2h_3b_3\left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H\operatorname{ctg}\alpha - b_3\right)(n+1). \quad (5.138)$$

На горизонтальную поверхность отвала при его селективном формировании укладывается следующий объем потенциально плодородных пород:

$$V_{пр.оп}^r = h_{оп}n\left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H\operatorname{ctg}\gamma - 2b_3\right)^2. \quad (5.139)$$

Формирование отвала прямоугольной формы с использованием потенциально плодородных пород возможно при их объеме

$$V_{пр.оп} = V_{пр.оп}^1 + V_{пр.оп}^2 + V_{пр.оп}^3 + V_{пр.оп}^r. \quad (5.140)$$

Планомерное выполнение рекультивационных работ по восстановлению поверхности отвала требует своевременной отсыпки по-

тенциаль о плодородных пород в теле отвала при отвалообразовании. При этом отношение необходимого объема потенциально плодородных пород к общему объему складированных вскрышных пород в отвал предлагается называть коэффициентом селективности формирования отвала

$$K_c = V_{\text{пр.п.п.}} / V. \quad (5.141)$$

Сущность этого коэффициента состоит в укладе определенного объема потенциально плодородных пород из общего объема складированных в отвал вскрышных пород в течение оцениваемого периода. Предприятия должны стремиться к соблюдению проектного значения коэффициента селективности формирования отвала. Это означает, что при отвалообразовании соблюдаются принципы совмещения отвальных и рекультивационных работ и тогда будет обеспечена своевременная рекультивация поверхности отвала.

По мере размещения в приоткосной части потенциально плодородных пород на поверхность отвала наносится плодородный слой почвы, объем которого по месту укладки рассчитывается по следующим выражениям:

откос первого отвального яруса

$$V_{\text{пр.п.}}^{01} = \frac{2h_1 h_{nc} n}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - h_1 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.142)$$

поверхность террасы первого отвального яруса

$$V_{\text{пр.п.}}^{11} = 2n b_{T_1} h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 2h_1 \operatorname{ctg} \alpha - b_{T_1} \right); \quad (5.143)$$

откос второго отвального яруса

$$V_{\text{пр.п.}}^{02} = \frac{2n h_2 h_{nc}}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} + H \operatorname{ctg} \gamma - 2h_1 \operatorname{ctg} \alpha - 2b_{T_1} - h_2 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.144)$$

поверхность террасы второго отвального яруса

$$V_{\text{пр.п.}}^{T_2} = 2h_{nc} n b_{T_2} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \gamma + 2h_2 \operatorname{ctg} \alpha + b_{T_2} \right); \quad (5.145)$$

откос третьего отвального яруса

$$V_{\text{пр.п.}}^{03} = \frac{2n h_3 h_{nc}}{\sin \alpha} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \gamma + h_3 \operatorname{ctg} \alpha \right); \quad (5.146)$$

горизонтальная поверхность отвала

$$V_{\text{пр.п.}}^r = n h_{nc} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{nH}} - H \operatorname{ctg} \gamma \right)^2. \quad (5.147)$$

Общий объем плодородного слоя почвы, необходимого для рекультивации трехъярусного отвала прямоугольной формы, находится из выражения

$$V_{\text{прпс}} = V_{\text{прпс}}^{01} + V_{\text{прпс}}^{11} + V_{\text{прпс}}^{02} + V_{\text{прпс}}^{12} + V_{\text{прпс}}^{03} + V_{\text{прпс}}^{13} \quad (5.148)$$

Рассмотрим установление основных параметров трехъярусного прямоугольного отвала при его рекультивации с использованием потенциально плодородных пород и слоя почвы. Отношение длины отвала к его ширине принято $\lambda = 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0$ (табл. 5.8).

Для селективного формирования трехъярусного отвала прямоугольной формы при объеме складироваемых вскрышных пород 10–90 млн м³, высоте отвала 31,2 м, его результирующем угле откоса 39° требуется от 2,6 до 11,4 млн м³ потенциально плодородных пород и от 89,9 до 750,5 тыс. м³ плодородного слоя почвы при отношении длины отвала к его ширине 1,5–4,0. При селективном формировании отвала определенного объема с увеличением отношения длины отвала к его ширине возрастают необходимые объемы потенциально плодородных пород и слоя почв. Так, при объеме отвала 50 млн м³ необходимо иметь от 6,9 до 7,8 млн м³ потенциально плодородных пород и от 410,6 до 429,7 тыс. м³ плодородного слоя почвы при изменении отношения длины отвала к его ширине от 1,5 до 4,0. Это объясняется тем, что увеличение отношения длины отвала к его ширине вызывает удлинение его периметра. В результате этого для селективного формирования отвала требуется большее количество потенциально плодородных пород и слоя почвы.

5.5.. Технология селективного формирования внешних отвалов при перевалке вскрышных пород драглайнами*

Для интенсификации вскрышных работ по проведению разрезных траншей, отработке торцовых участков фронта, разработке узких залежей и расконсервации бортов карьеров широко применяется непосредственная перевалка вскрышных пород драглайнами. Образующие при этом отвалы представляют собой одиночные гребни, расположенные на бортах карьеров. Они часто являются источниками загрязнения атмосферы и прилегающей территории и значительно ухудшают ландшафт местности.

* Раздел написан совместно с Е.С.Зулкарнаевым.

Т а б л и ц а 5.8. Расчет параметров трехъярусного отвала прямоугольной формы

Объем складированных пород, млн м ³	Объем потенциально плодородных пород, млн м ³							Объем плодородного слоя почвы, тыс. м ³						
	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0		1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	
10	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,1	89,9	92,4	94,7	96,8	98,9	100,8		
20	3,9	4,0	4,1	4,3	4,4	4,5	171,2	184,4	177,3	179,9	182,5	184,9		
30	5,0	5,1	5,2	5,4	5,6	5,7	251,5	255,2	258,5	261,6	264,5	267,3		
40	6,0	6,1	6,3	6,4	6,6	6,8	331,2	335,3	339,0	342,5	345,7	348,8		
50	6,9	7,0	7,2	7,4	7,6	7,8	410,6	415,1	419,2	422,9	426,4	429,7		
60	7,7	7,8	8,1	8,3	8,5	8,7	489,8	494,6	498,9	503,0	506,8	510,3		
70	8,5	8,7	8,9	9,1	9,4	9,7	568,8	573,9	578,6	582,8	586,8	590,6		
80	9,3	9,5	9,7	10,0	10,3	10,5	647,6	653,1	657,9	662,5	666,7	670,7		
90	10,1	10,3	10,5	10,8	11,1	11,4	726,4	732,1	737,2	741,9	746,9	750,5		

Схемы отсыпки отвалов с непосредственной экскаваторной перевалкой вскрыши наиболее полно отвечают условиям селективного формирования. Однако при этом трудность заключается в том, что в забое происходит последовательная сверху вниз выемка слоев вскрышных пород и потенциально плодородные породы, расположенные в верхней части вскрышного уступа, при обычной технологии отсыпки оказываются погребенными внутри отвала. При селективном формировании отвала для преодоления этой трудности необходимо производить смещенную отсыпку разнотипных пород вдоль оси гребня отвала.

Рассмотрим технологическую схему селективного формирования внешних отвалов при непосредственной перевалке вскрыши драглайнами. Схемой предусматривается разделение вскрышного уступа на подступы, согласно мощности потенциально плодородных пород, с раздельной выемкой их при установке экскаватора на кровле вскрышного уступа. Селективное формирование отвала производится следующим образом: фитотоксичные породы размещаются в основании гребня отвала с некоторым опережением, а потенциально плодородные породы разгружаются на поверхность основания отвала с отставанием вдоль оси гребня (рис.5.10). Такое продольное смещение достигается при отсыпке потенциально плодородных пород из разрабатываемого выемочного блока на поверхность основания отвала, образованную фитотоксичными породами предыдущего выемочного блока. Вынутые следом нижележащие непригодные породы размещаются впереди по ходу движения экскаватора в основание гребня отвала. Затем драглайн перемещается в новое положение и производит выемку и разгрузку потенциально плодородных пород из верхнего подступа на подготовленную площадь основания отвала, отсыпанного фитотоксичными породами предшествующего блока. Далее производятся выемка и отсыпка непригодных пород из нижнего подступа в основание гребня отвала, тем самым подготавливая поверхность для разгрузки потенциально плодородных пород следующего выемочного блока. При перемещении драглайна в следующее положение все операции цикла повторяются.

Для проведения в последующем восстановительных работ, относящихся к биологическому этапу рекультивации, необходимо предварительно производить срезку гребня отвала для создания пло-

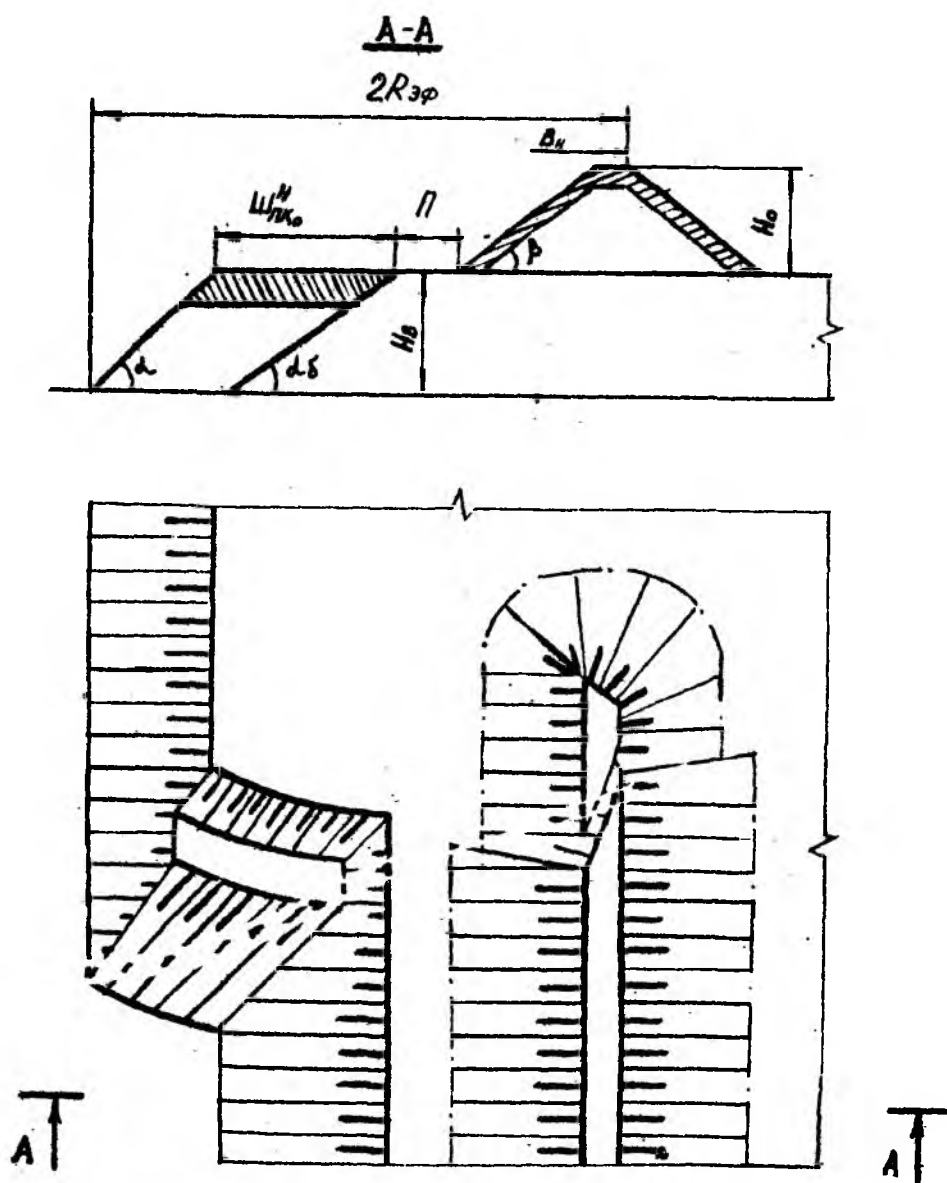


Рис. 5.10. Технологическая схема селективного формирования одиночного гребня при непосредственной перевалке вскрыши драглайнами

щадки шириной, обеспечивающей механизированную посадку насаждений и уход за ними. Для исключения операции срезки гребня отвала в рассматриваемой технологической схеме селективного формирования отвала предусматривается отсыпка плоских гребней веерным способом.

Уравнение взаимосвязи параметров вскрышного уступа, отвала и рабочего оборудования драглайнов при непосредственной перевалке вскрышных пород в отдельную отвальную насыпь имеет вид

$$2R_{\text{эп}} = H_0 \operatorname{ctg} \alpha + \Pi_{\text{пко}}^H + H_0 \operatorname{ctg} \beta + B_H, \quad (5.149)$$

где $R_{\text{эп}}$ - эффективный радиус черпания драглайна, м; H_0 - высота вскрышного уступа, м; α - угол откоса уступа, град.;

$\Pi_{\text{пко}}^H$ - максимальная ширина приконтурной заходки, обрабатываемой с непосредственной перевалкой в отдельную отвальную насыпь, м; H_0 - высота отвала; β - угол откоса отвала, град.; B_H - ширина отдельной отвальной насыпи по верху, м.

После преобразования выражения (5.149) относительно $\Pi_{\text{пко}}^H$ и B_H получим

$$\Pi_{\text{пко}}^H = \frac{H_0}{H_0 + H_0 K_p} \left[2R_{\text{эп}} - H_0 \operatorname{ctg} \alpha - \Pi + \frac{H_0^2 K_p (\operatorname{ctg} \alpha_s - \operatorname{ctg} \alpha)}{2H_0} \right], \quad (5.150)$$

$$B_H = \frac{H_0 K_p}{2H_0} \left[2\Pi_{\text{пко}}^H - H_0 (\operatorname{ctg} \alpha_s - \operatorname{ctg} \alpha) \right] - H_0 \operatorname{ctg} \beta, \quad (5.151)$$

где α_s - угол откоса вскрышного уступа в предельном положении, град.

При селективном формировании создается определенная мощность слоя потенциально плодородных пород на поверхности отвала, которую можно найти из выражения

$$h_{\text{он}}^H = H_0 - \frac{\sqrt{B_H^2 + [4\Pi_{\text{пко}}^H (H_0 - h_{\text{он}}) - 2(H_0^2 - h_{\text{он}}^2) (\operatorname{ctg} \alpha_s - \operatorname{ctg} \alpha)] K_p \operatorname{ctg} \beta} - B_H}{2 \operatorname{ctg} \beta}, \quad (5.152)$$

где $h_{\text{он}}$ - высота подступа потенциально плодородных пород, м;

В условиях карьеров Балинского рудника значение $h_{\text{он}}^H$ изменяется от 0,7 до 7,6 м при изменении высоты подступа потенциально плодородных пород от I до IO м (рис.5.11). При этом двухметровый слой на поверхности отвала обеспечивается при $h_{\text{он}} = 2,5$ м.

Непосредственная перевалка имеет место также при разработке последней приконтурной заходки с отсыпкой пород в отвальную насыпь, примыкающую к ранее отсыпанному отвалу (рис.5.12). По-

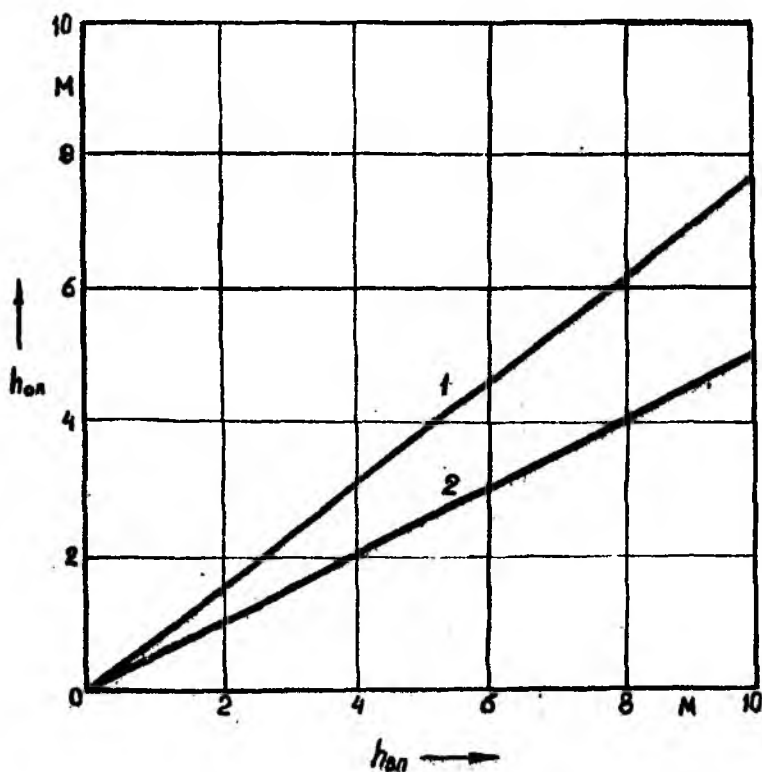


Рис.5.11. Зависимости мощности слоя потенциально плодородных пород на одиночной (1) и примыкающей (2) отвальной насыпи от высоты подступа

следовательность выемки и отсыпки потенциально плодородных и непригодных пород в данной схеме аналогична первой. Отличием является то, что разгрузка потенциально плодородных пород производится только на поверхность внешнего откоса и вершину гребня. Кроме того, при второй схеме объем разрабатываемых пород меньше, чем при первой, за счет ограничения отсыпаемого пространства со стороны основного отвала. При определении параметров непосредственной перевалки вскрышных пород в примыкающую отвальную насыпь необходимо рассматривать три возможных случая (рис.5.13):

нижняя бровка забоя драглайна проходит по откосу верхнего вскрышного уступа

$$Ш_{пк.} < H_0 (\operatorname{ctg} \alpha_0 - \operatorname{ctg} \alpha); \quad (5.153)$$

совмещается с нижней бровкой верхнего вскрышного уступа

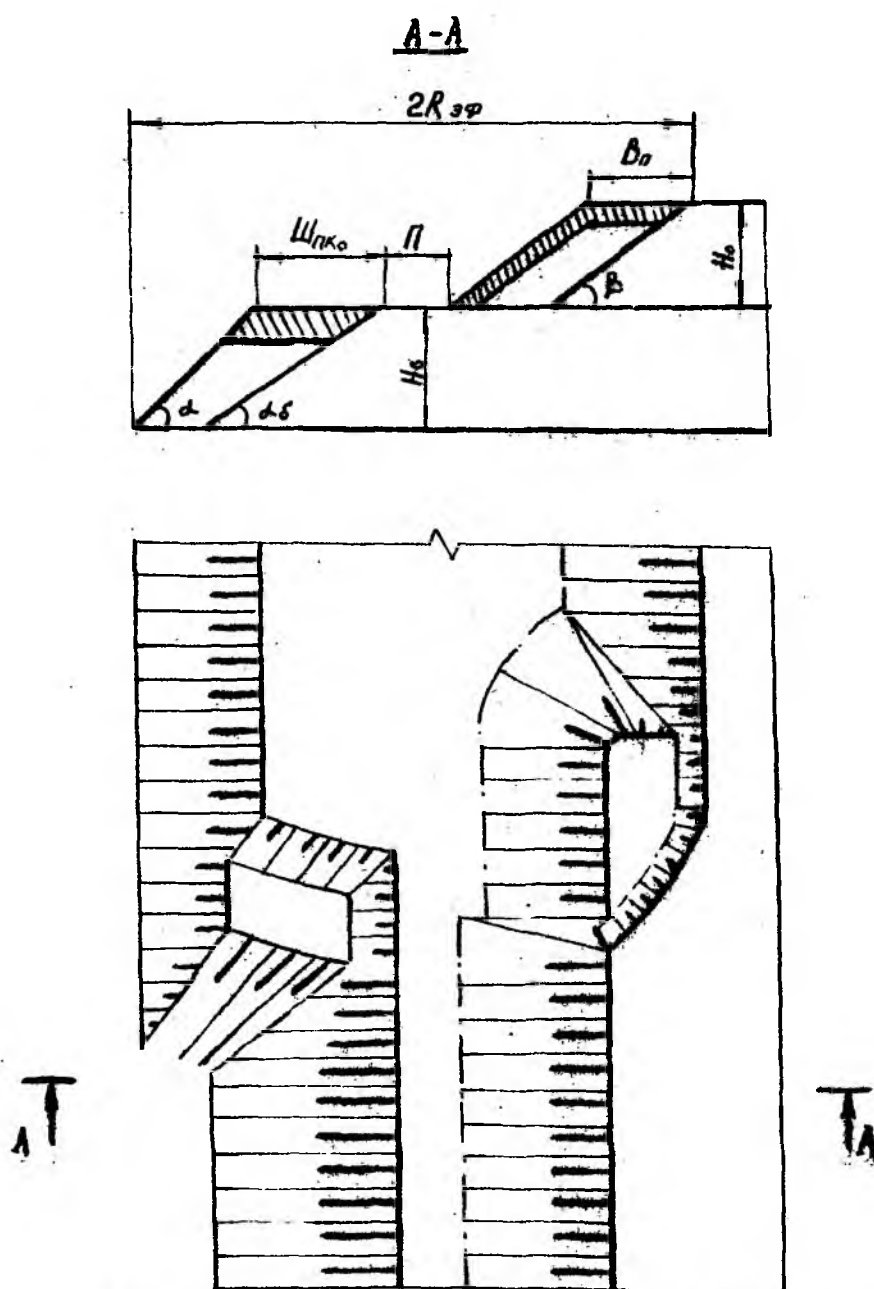


Рис. 5.12. Технологическая схема селективного формирования примыкающей отвальной насыпи при непосредственной экскаваторной перевалке вскрышных пород

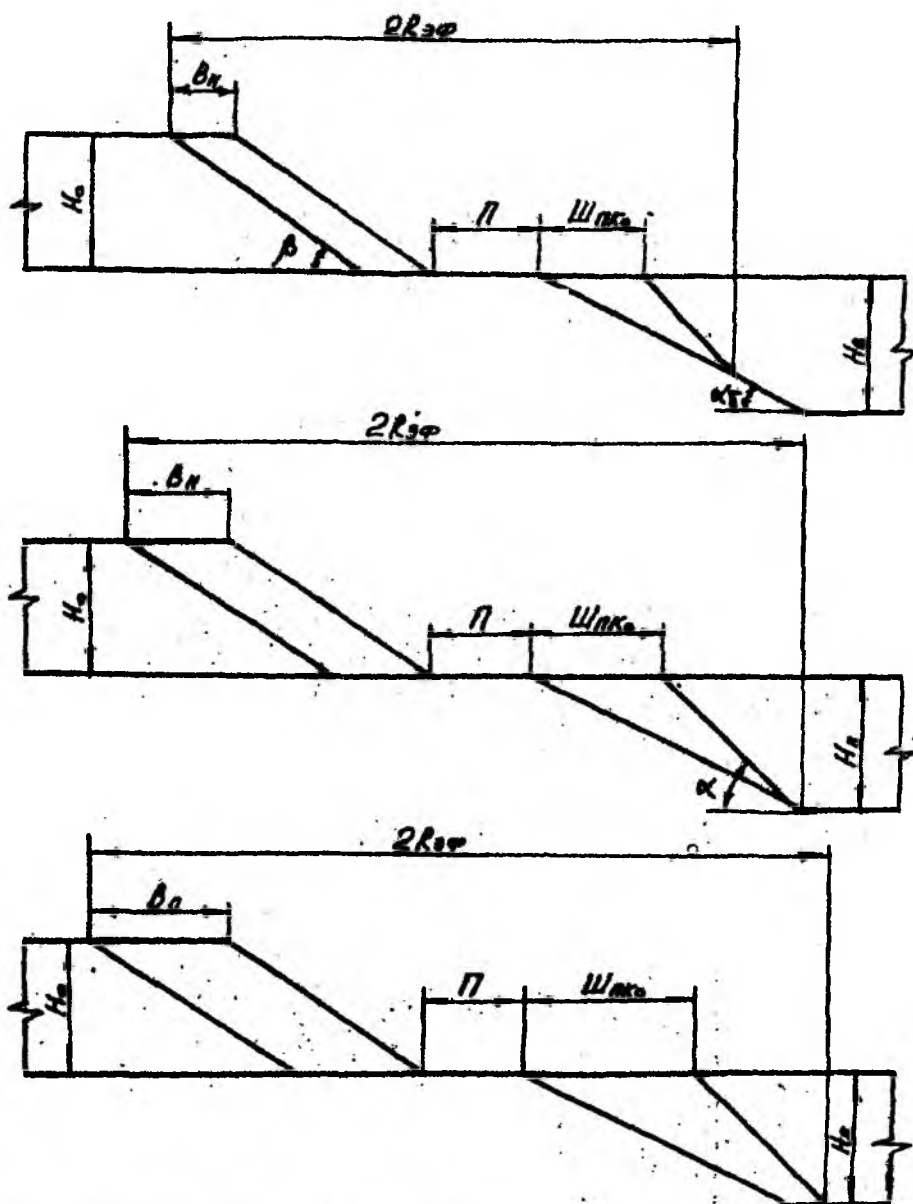


Рис. 5.13. Схема к расчету параметров непосредственной
перевалки вскрыши в примыкающую отвальную
насыпь

$$\mathcal{W}_{\text{нко}} = H_0 (\operatorname{ctg} \alpha_5 - \operatorname{ctg} \alpha); \quad (5.154)$$

располагается на нижней площадке верхнего вскрышного уступа

$$\mathcal{W}_{\text{нко}} > H_0 (\operatorname{ctg} \alpha_5 - \operatorname{ctg} \alpha). \quad (5.155)$$

Уравнение взаимосвязи параметров вскрышного уступа, отвала и рабочего оборудования драглайнов при непосредственной перевалке вскрышных пород в примыкающую отвальную насыпь имеет вид

$$2R_{\text{эп}} = H_0 \operatorname{ctg} \alpha + \mathcal{W}_{\text{нко}} + \Pi + H_0 \operatorname{ctg} \beta + B_{\Pi}. \quad (5.156)$$

Ширина примыкающей отвальной насыпи в первом случае равна (см. рис. 5.13, а)

$$B_{\Pi} = \frac{\mathcal{W}_{\text{нко}}^2 K_p \sin \alpha \sin \alpha_5}{2 H_0 \sin(\alpha - \alpha_5)}. \quad (5.157)$$

Подставив значение B_{Π} из выражения (5.157) в (5.156), определим после его преобразования и решения максимальную ширину приконтурной заходки

$$\mathcal{W}_{\text{нко}} = \left\{ \sqrt{\left[1 + \frac{\sin \alpha_5 \cos \alpha}{\sin(\alpha - \alpha_5)} \right]^2 - 2 K_p \frac{\sin \alpha \sin \alpha_5}{H_0 \sin(\alpha - \alpha_5)} (\Pi + H_0 \operatorname{ctg} \beta - 2R_{\text{эп}})} - \right. \\ \left. - \left[1 + \frac{\sin \alpha_5 \cos \alpha}{\sin(\alpha - \alpha_5)} \right] \right\} \frac{H_0 \sin(\alpha - \alpha_5)}{K_p \sin \alpha \sin \alpha_5}. \quad (5.158)$$

Во втором случае имеем (см. рис. 5.13, б)

$$B_{\Pi} = \frac{\mathcal{W}_{\text{нко}} H_0 K_p}{2 H_0}. \quad (5.159)$$

Подставив значение B_{Π} из выражения (5.159) в (5.156) и преобразовав его, получим

$$\mathcal{W}_{\text{нко}} = \frac{2 H_0}{2 H_0 + H_0 K_p} [2 R_{\text{эп}} - H_0 \operatorname{ctg} \alpha - \Pi - H_0 \operatorname{ctg} \beta]. \quad (5.160)$$

В третьем случае (см. рис. 5.13, в)

$$B_{\Pi} = \frac{H_0 K_p}{2 H_0} [2 \mathcal{W}_{\text{нко}} - H_0 (\operatorname{ctg} \alpha_5 - \operatorname{ctg} \alpha)]. \quad (5.161)$$

После подстановки значения B_{Π} из (5.161) в (5.156) и преобразования находим

$$\mathcal{M}_{\text{по}} = \frac{H_0}{H_0 + H_0 K_p} \left[2 R_{\text{эф}} + \frac{H_0^2 K_p (\text{ctg} \alpha_{\text{с}} - \text{ctg} \alpha)}{2 H_0} - H_0 \text{ctg} \alpha - \Pi - H_0 \text{ctg} \beta \right]. \quad (5.162)$$

Мощность слоя потенциально плодородных пород при селективном формировании примыкающей отвальной насыпи определяем из выражения

$$h_{\text{от}} = \frac{(H_0 \text{ctg} \beta + B_n) - \sqrt{(H_0 \text{ctg} \beta + B_n)^2 - 2 h_{\text{от}} K_p \text{ctg} \beta [2 \mathcal{M}_{\text{по}} - h_{\text{от}} (\text{ctg} \alpha_{\text{с}} - \text{ctg} \alpha)]}}{2 \text{ctg} \beta}. \quad (5.163)$$

Расчеты по формуле (5.163) показывают, что при изменении $h_{\text{от}}$ от I до IO м мощность слоя потенциально плодородных пород на отвале возрастает от 0,5 до 5,0 м и составляет 2 м при $h_{\text{от}} = 4,0$ м (см. рис. 5.11).

Таким образом, предлагаемые технологические схемы селективного формирования отвальных насыпей при непосредственной экскаваторной перевалке вскрыши обеспечивают эффективное проведение технического этапа рекультивации и максимальное использование рабочих параметров основного горного оборудования. Данные технологические схемы целесообразны при мощности залегания потенциально плодородных пород не менее 2,5–4,0 м.

Разработанная технология селективного формирования внешних отвалов драглайнами обеспечивает эффективное использование на вскрышных и рекультивационных работах основного горного оборудования. На рис. 5.14 представлены схемы последовательной выемки, перемещения и отсыпки вскрышных пород в отвал.

Вывемка вскрышных пород осуществляется селективно – с выделением по высоте вскрышного уступа на подступы потенциально плодородных и непригодных пород при работе драглайна с нижним черпанием. Порядок перевалки вскрышных пород в навалах осуществляется в следующей последовательности. Породы первой вскрышной заходки, расположенной в центральной части карьерного поля, отсыпятся в первичный навал I⁰. При этом для достижения ими своего конечного положения в теле отвала навал I⁰ необходимо переэкскавировать два раза. Поэтому при формировании навала I⁰ сначала отсыпятся непригодные породы из подступа I_н в гребень I_н⁰, находящиеся в правой нижележащей части навала I⁰, затем потенциально плодородные породы из подступа I_п

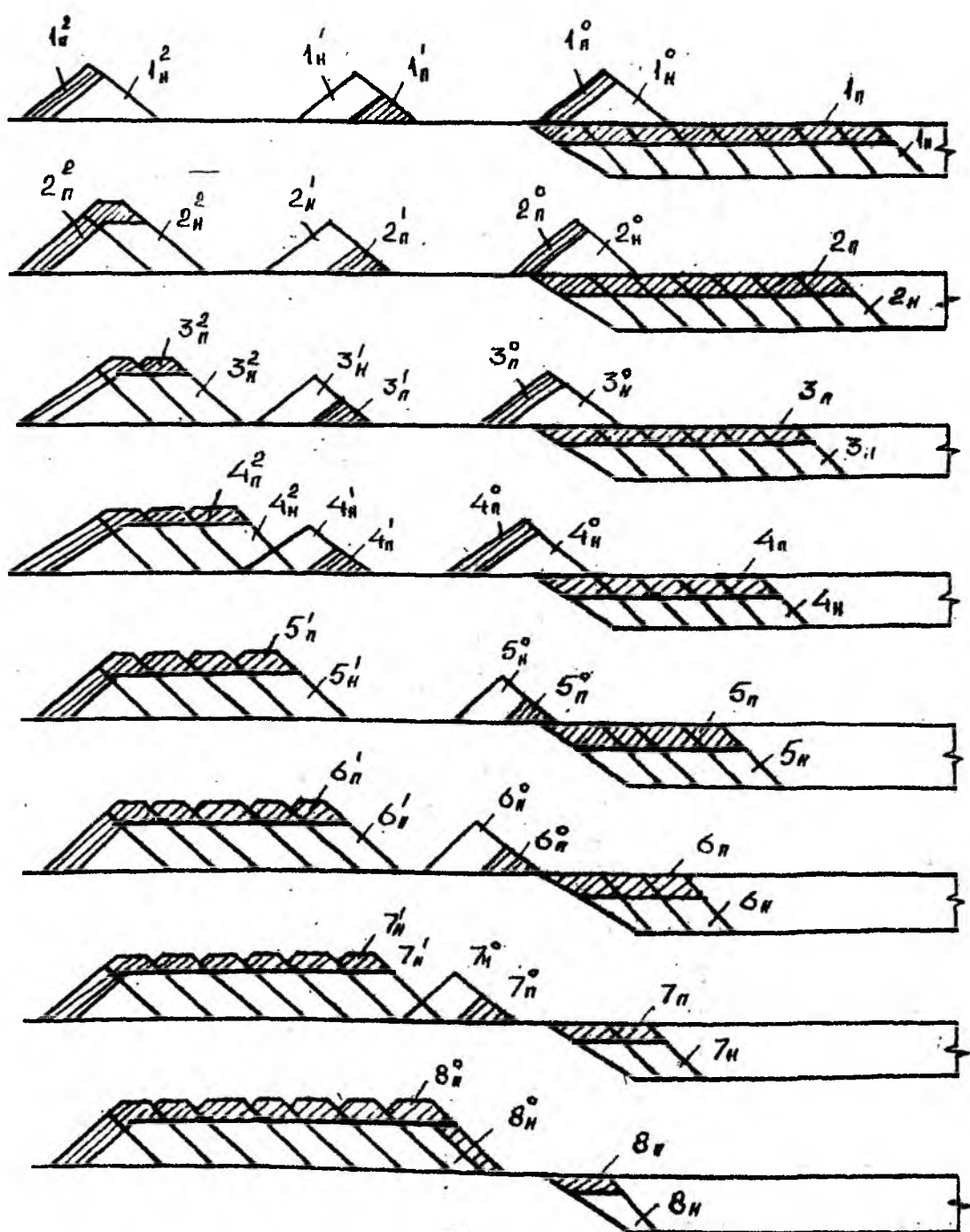


Рис. 5.14. Технология селективного формирования отвалов драглайнами при многократной перевалке вскрышных пород

размещаются равномерным слоем I_{Π}^0 на левом откосе гребня I_H^0 в левую верхнележащую часть навала I^0 . После этого производится переэкскавация вскрышных пород из навала I^0 в I^I . При этом сначала разрабатываются породы из слоя I_{Π}^0 и отсыплются в гребень I_{Π}^I , а затем левый откос гребня I_{Π}^I покрывается слоем пород I_H^I из гребня I_H^0 .

Далее выполняется вторичная переэкскавация пород из навала I^I в I^2 . Породы из слоя I_H^I отсыплются в гребень I_H^2 , а из гребня I_{Π}^I в слой I_{Π}^2 , покрывающий левый откос гребня I_H^2 , тем самым занимая свое конечное положение в теле отвала (см. рис.

5.14). На этом перевалка пород из первой вскрышной заходки заканчивается с обеспечением размещения на поверхности откоса отвала потенциально плодородных пород.

Затем в аналогичной последовательности осуществляются разработка и перемещение вскрышных пород из второй, третьей и четвертой вскрышных заходок, переэкскавируемых также два раза (см. рис. 5.14, а).

При перевалке вскрышных пород из 5, 6, 7 заходок первичный навал переэкскавируется лишь один раз. Поэтому при формировании первичного навала сначала отсыплются породы из подступов 5_{Π} , 6_{Π} , 7_{Π} в гребни 5_{Π}^0 , 6_{Π}^0 , 7_{Π}^0 , а затем непригодные породы из подступов 5_H , 6_H , 7_H размещаются равномерными слоями 5_H^0 , 6_H^0 , 7_H^0 на левых откосах гребней 5_{Π}^0 , 6_{Π}^0 , 7_{Π}^0 (см. рис. 5.14, д-ж).

После однократной переэкскавации первичных навалов 5^0 , 6^0 , 7^0 породы из 5, 6, 7 вскрышных заходок займут свое конечное положение в теле отвала. При этом непригодные породы разместятся в основании отвала (насыпи 5_H^I , 6_H^I , 7_H^I), а потенциально плодородные — на поверхности (слои 5_{Π}^I , 6_{Π}^I , 7_{Π}^I).

Перевалка последней приконтурной вскрышной заходки 8 осуществляется непосредственно в свое конечное положение в теле отвала 8^0 без переэкскавации с размещением непригодных пород из подступа 8_H в основании отвала (насыпь 8_H^0), а потенциально плодородных из подступа 8_{Π} — на поверхности отвала (слой 8_{Π}^0).

Таким образом, после завершения многократной перевалки вскрышных пород образуется селективно сформированный отвал, основание которого сложено непригодными породами, а поверхность покрыта потенциально плодородными породами.

Как видно из вышеизложенного, для обеспечения эффективной селективной перебалки разнотипных пород и исключения их перемешивания в ходе переэкскавации размещение потенциально плодородных и непригодных пород осуществляется концентрированно в противоположных частях одного совместного навала в левой верхележащей и правой нижележащей с периодическим чередованием местоположения разнотипных пород.

Формы контуров размещения разнотипных пород в навале обусловлены технологическими особенностями работы шагающих экскаваторов при выемке и отсыпке вскрышных пород с переэкскавацией. Порядок чередования задается взаимным положением разнотипных пород в первичном навале, числом переэкскаваций и определяется необходимостью размещения потенциально плодородных пород при их последней переэкскавации на поверхности отвала. При четном числе переэкскаваций первичного навала его образуют с верхним левележащим расположением потенциально плодородных пород, а при нечетном — с нижним правележащим.

Применение предлагаемой технологии возможно при залегании потенциально плодородных пород в верхней и нижней частях вскрышного уступа, разрабатываемого драглайном.

Область ее применения определяется рабочими параметрами используемого экскавационного оборудования, шириной разрабатываемой приконтурной полосы и параметрами залегания потенциально плодородных пород во вскрышном уступе.

Данная технология не вызывает увеличения объемов переэкскавации, она позволяет производить селективную выемку и отсыпку потенциально плодородных пород основным экскавационным оборудованием и обеспечивает его эффективную производительную работу за счет сокращения непроизводительных технологических затрат времени.

Вместе с тем, при использовании этой технологии имеет место ухудшение качества потенциально плодородных пород за счет частичного примешивания непригодных пород при многократной переэкскавации. Поэтому при определении параметров перебалки необходимо учитывать фактор обеспечения требуемого качества потенциально плодородных пород.

При селективной разработке драглайном вскрышного уступа

основными параметрами последнего являются высота, ширина заходки, высота подступов потенциально плодородных и непригодных пород.

Высоту вскрышного уступа можно представить так

$$H_6 = h_{6n} + h_{6н}, \quad (5.164)$$

где $h_{6н}$ — высота подступа непригодных пород, м.

Согласно вышеописанной технологии, породы вскрышного уступа первоначально отсыплются в навалы. Для дальнейшего подвигания фронта вскрышных работ необходима многократная переэкскавация этих навалов в их конечное положение в теле отвала. При этом параметры вскрышных заходок, переэкскавируемых навалов и отвальных насыпей взаимосвязаны между собой и рассчитываются из условия равенства их объемов на I пог.м фронта работ с учетом коэффициента разрыхления (рис.5.15).

Высота переэкскавируемого навала может быть определена по формуле

$$H_n = \sqrt{A_6 H_6 K_p \text{ctg} \beta}. \quad (5.165)$$

Ширина навала составит

$$A_n = 2 \sqrt{A_6 H_6 K_p \text{ctg} \beta}. \quad (5.166)$$

При расположении потенциально плодородных пород с правой стороны навала (см.рис.5.15,а) общую ширину последнего можно представить как

$$A_n = A_{гп} + A_{сн}, \quad (5.167)$$

где $A_{гп}$ — ширина гребня из потенциально плодородных пород, м; $A_{сн}$ — ширина слоя из непригодных пород, покрывающих левый откос гребня из потенциально плодородных пород, м.

Высота гребня из потенциально плодородных пород определяется следующим образом:

$$h_{гп} = \sqrt{A_6 h_{6н} K_p \text{ctg} \beta}. \quad (5.168)$$

Ширина гребня из потенциально плодородных пород с учетом (5.168) равна

$$A_{гп} = 2 \sqrt{A_6 h_{6н} K_p \text{ctg} \beta}. \quad (5.169)$$

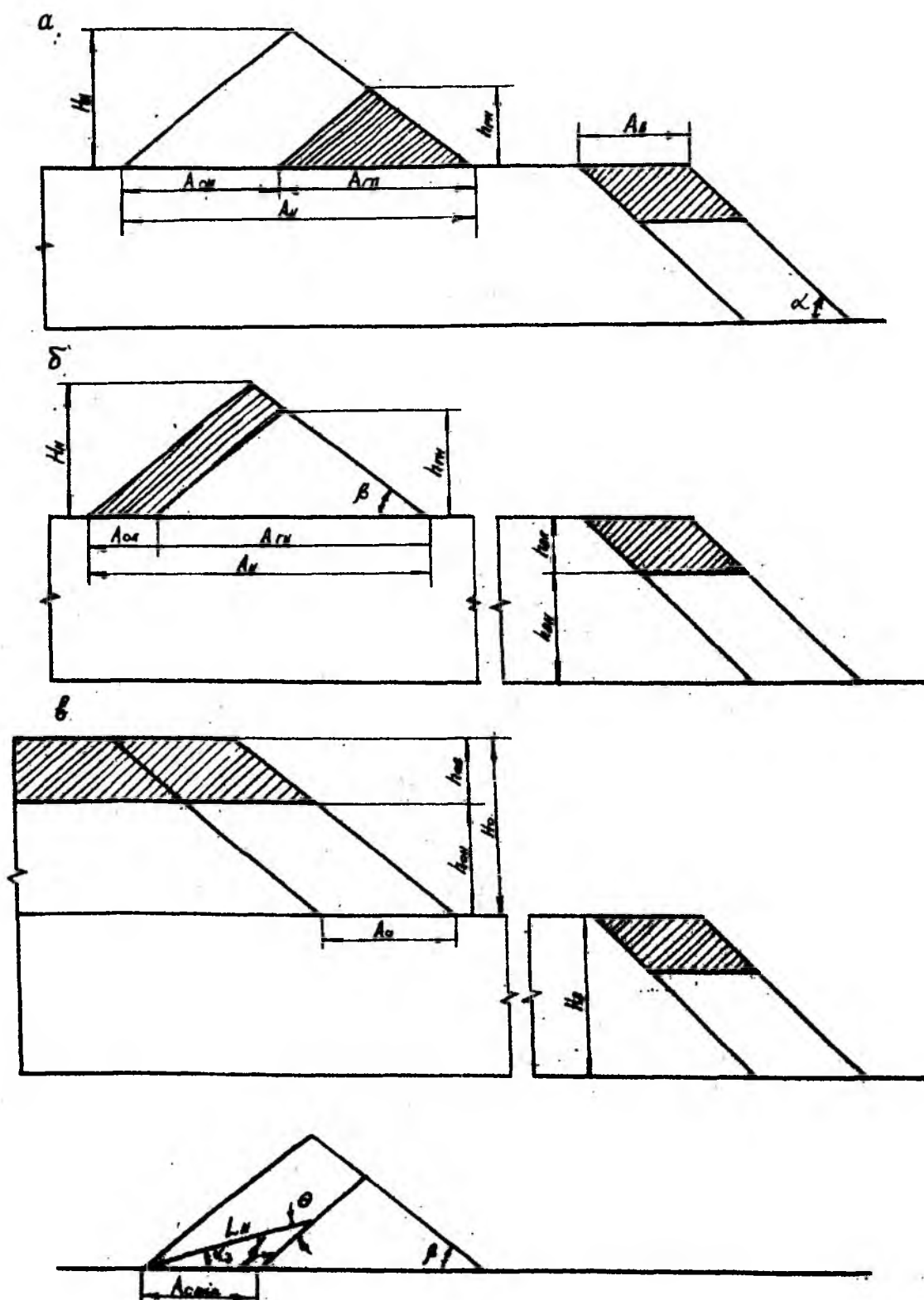


Рис.5.15. Схема к расчету параметров селективной перегжскарации

Ширину слоя из непригодных пород с учетом выражений (5.165)-(5.169) определим по формуле

$$A_{\text{сн}} = 2 (A_{\text{в}} K_p \operatorname{ctg} \rho)^{0.5} (H_{\text{в}}^{0.5} - h_{\text{сн}}^{0.5}). \quad (5.170)$$

При расположении потенциально плодородных пород с левой стороны навала (см. рис. 5.15, б) общая ширина последнего будет состоять из

$$A_{\text{н}} = A_{\text{гн}} + A_{\text{сн}}, \quad (5.171)$$

где $A_{\text{гн}}$ - ширина гребня из непригодных пород, м; $A_{\text{сн}}$ - ширина слоя из потенциально плодородных пород, покрывающих левый откос гребня из непригодных пород, м.

Высота гребня из непригодных пород составит

$$h_{\text{гн}} = \sqrt{A_{\text{в}} K_p (H_{\text{в}} - h_{\text{сн}}) \operatorname{ctg} \rho}. \quad (5.172)$$

Ширина гребня из непригодных пород с учетом выражения (5.171) определится по формуле

$$A_{\text{гн}} = 2 \sqrt{A_{\text{в}} K_p (H_{\text{в}} - h_{\text{сн}}) \operatorname{ctg} \rho}. \quad (5.173)$$

Ширину слоя потенциально плодородных пород можно определить после подстановки в равенство (5.171) значений из выражений (5.165), (5.166), (5.173) и его преобразования по формуле

$$A_{\text{сн}} = 2 (A_{\text{в}} K_p \operatorname{ctg} \rho)^{0.5} [H_{\text{в}}^{0.5} - (H_{\text{в}} - h_{\text{сн}})^{0.5}]. \quad (5.174)$$

Результаты расчетов величин $h_{\text{гп}}$, $A_{\text{гп}}$, $A_{\text{сн}}$, $h_{\text{гн}}$, $A_{\text{гн}}$ и $A_{\text{сн}}$, определяемых по формулам (5.168)-(5.170), (5.172) - (5.174), отражены на рисунках 5.16, 5.17, анализ которых показывает, что для вскрышной заходки от 10 до 50 м и высоты подступа потенциально плодородных пород от 1 до 10 м значения указанных величин колеблются в следующих пределах: $h_{\text{гп}} = 3,1-22,1$ м; $A_{\text{гп}} = 8,3-58,4$ м; $A_{\text{сн}} = 22,9-91,3$ м; $h_{\text{гн}} = 15,7-40,8$ м; $A_{\text{гн}} = 41,5-108,3$ м; $A_{\text{сн}} = 0,7-17$ м.

При последней переэкскавации навала вскрышные породы занимают свое конечное положение в теле отвала. При этом основными параметрами отвала являются высота отвальной насыпи, мощность слоя потенциально плодородных пород на поверхности отвала, высота основания отвальной насыпи из непригодных пород и ширины отвальной заходки (см. рис. 5.15, в).

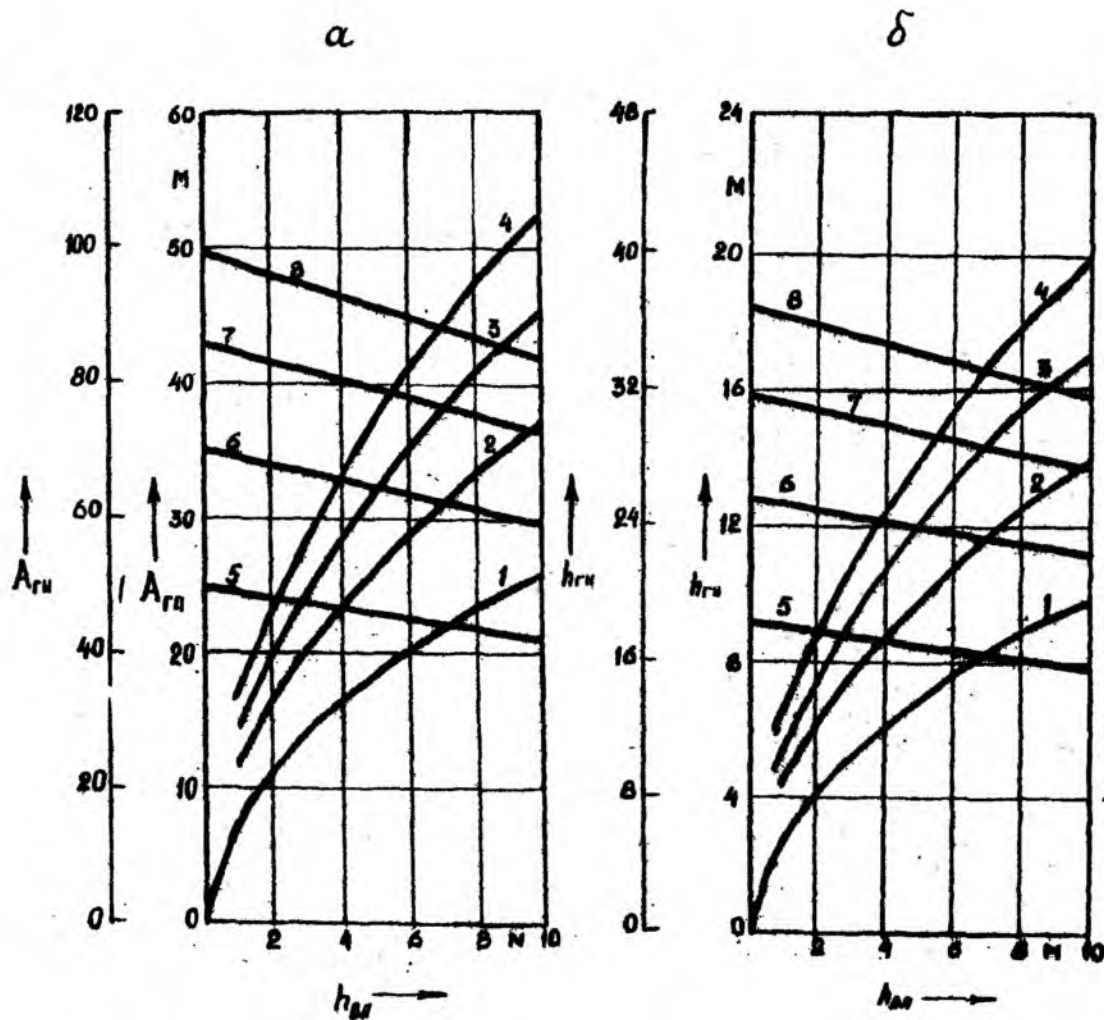


Рис.5.16. Зависимости параметров гребня из разнотипных пород от высоты подступа потенциально плодородных пород: 1-4 и 5-8 – соответственно для потенциально плодородных и непригодных пород

Высоту отвальной насыпи можно представить так

$$H_o = h_{on} + h_{on} . \quad (5.175)$$

Мощность слоя потенциально плодородных пород на отвале составляет

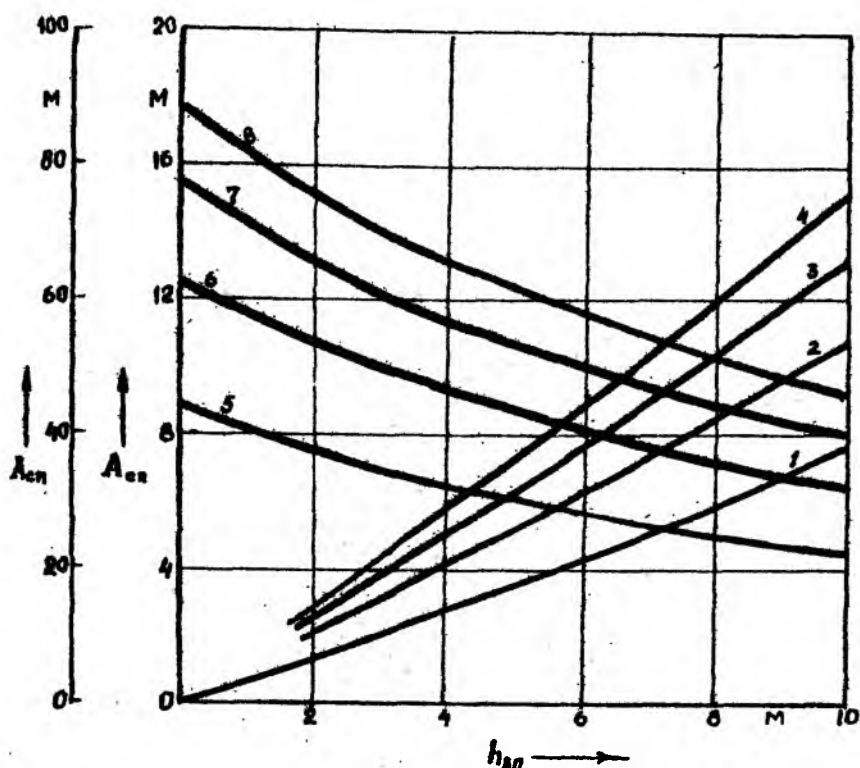


Рис. 5.17. Зависимость ширины слоя из разнотипных пород от высоты подступа потенциально плодородных пород: 1-4 и 5-8 - соответственно для потенциально плодородных и непригодных пород при A_B , равном 10, 20, 30, 40, 50 м

$$h_{ан} = \frac{h_{ан} H_0}{H_0} \quad (5.176)$$

Высота отвальной насыпи из непригодных пород соответственно определится по формуле

$$h_{он} = \frac{(H_0 - h_{ан}) H_0}{H_0} \quad (5.177)$$

Из выражений (5.176) и (5.177) видно, что мощность слоя потенциально плодородных пород на отвале и высота основания отвала из непригодных пород определяются, прежде всего, высотой вскрышного уступа, отвала и подступа потенциально плодородных пород. Характер изменения величин $h_{ан}$ и $h_{он}$, определяемых по формулам (5.176) и (5.177), представлен на графиках рис. 5.18, анализ которых показывает, что для проектной высоты вскрышного уступа 35 м и отвала 32 м при изменении высоты под-

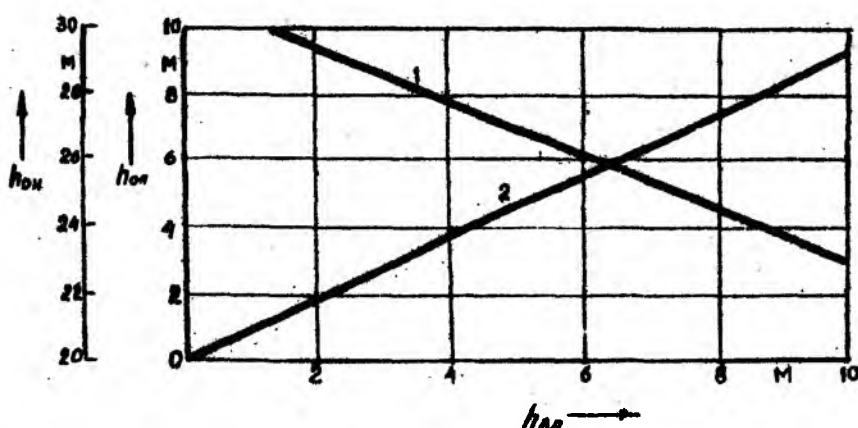


Рис.5.18. Зависимость высоты насыпи из непригодных пород (1) и мощности слоя из плодородных пород (2) от высоты подступа потенциально плодородных пород

уступа потенциально плодородных пород от 1 до 10 м значения их колеблются в следующих пределах: $h_{\text{н}} = 0,9-9,1$ м; $h_{\text{м}} = 22,9-31,1$ м.

Для практического пользования формулами (5.168)–(5.177) при селективной выемке, перемещении и отсыпке вскрышных пород во внешние отвалы драглайнами составлены номограммы для случаев с нижним праволежащим и верхним леволежащим расположением потенциально плодородных пород в навале (рис.5.19, 5.20). Порядок пользования номограммой на рисунках показан стрелками. При изменении мощности залегания потенциально плодородных пород во вскрышном уступе с помощью номограммы находим соответствующие параметры размещения разнотипных пород в промежуточных навалах и отвале.

Анализ вычисленных параметров селективной переэкскавации показывает, что значительная мощность непригодных пород обеспечивает производительную раздельную выемку. Параметры гребней, образуемых с правым нижележащим расположением потенциально плодородных пород, также позволяют осуществлять их эффективную выемку, даже при малой мощности залегания в массиве. Затруднения могут возникнуть лишь при селективной переэкскавации слоя потенциально плодородных пород, располагаемого в левой верхележащей части навала.

Переэкскавация вскрышных пород из навалов производится с верхним черпанием. Эффективное наполнение ковша драглайна при

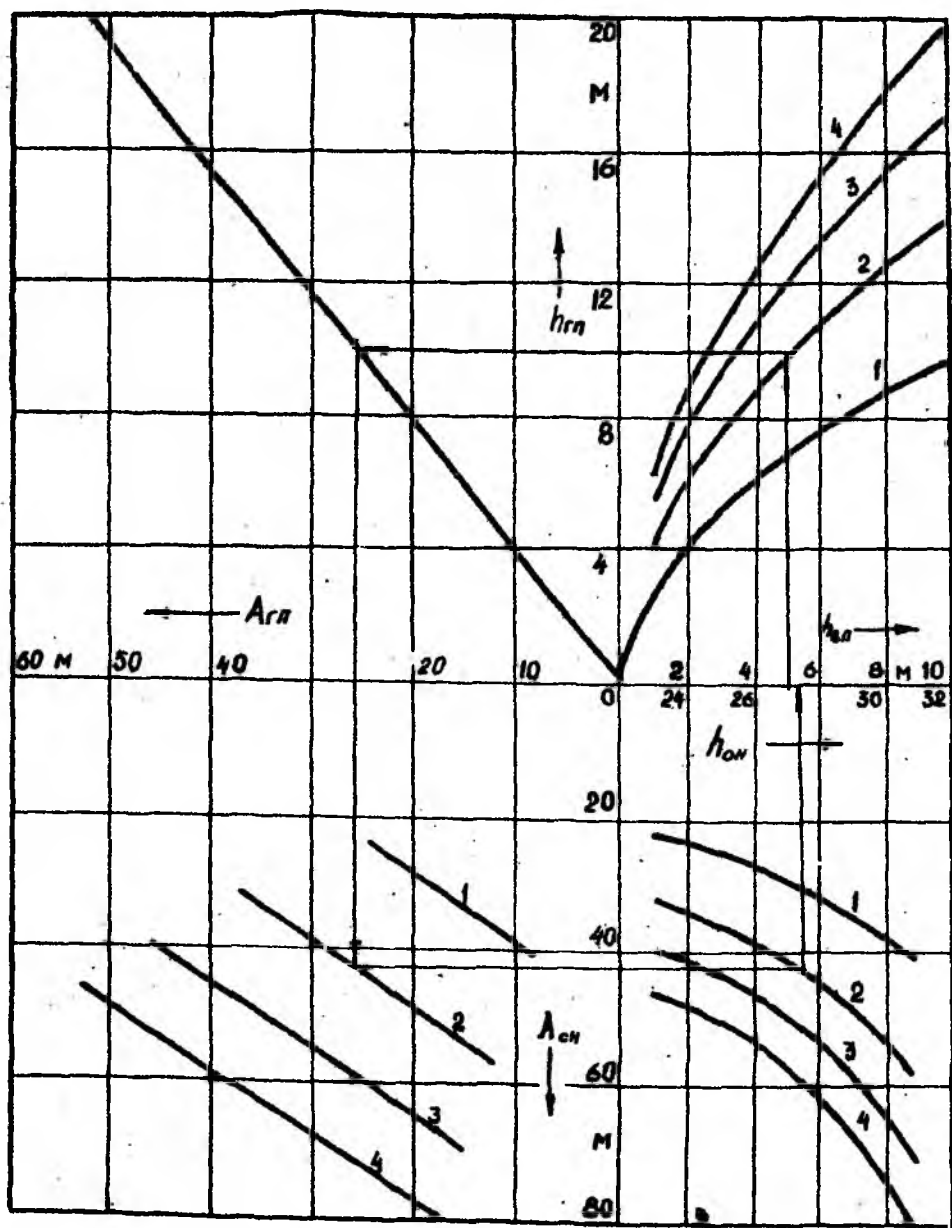


Рис.5.19. Номограмма для определения параметров размещения разнотипных пород в навалё при нижнем праволежащем расположении потенциально плодородных пород

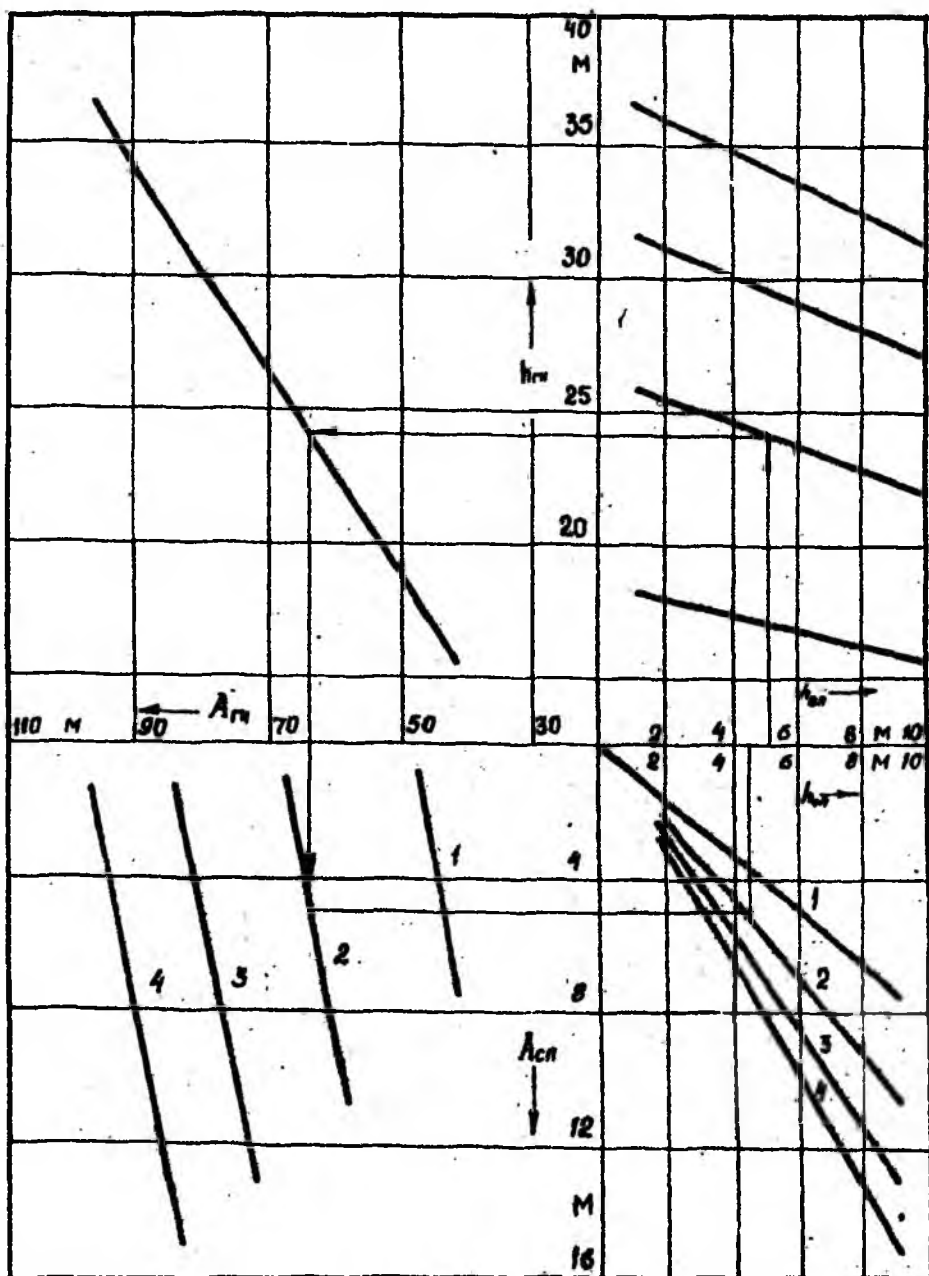


Рис. 5.20. Номограмма для определения параметров размещения разнотипных пород в навале при верхнем праволёжащем расположении потенциально плодородных пород

работе с верхним черпанием обеспечивается при угле откоса забоя, не превышающем 20° /32/. Минимальная ширина слоя потенциально плодородных или непригодных пород по условию наполнения ковша драглайна при его нормальном ходе с верхним черпанием из навала может быть определена из решения косоугольного треугольника (см. рис. 5.15) по формуле

$$A_{\min} = L_H \frac{\sin(\beta - \alpha_3)}{\sin \beta}. \quad (5.178)$$

При угле откоса забоя $\alpha_3 = 20^\circ$ и угле естественного откоса вскрышных пород в навале $\beta = 37^\circ$ выражение (5.178) примет вид

$$A_{\min} = 0,486 L_H. \quad (5.179)$$

Значения минимальной ширины слоя потенциально плодородных и непригодных пород в навалах для различной вместимости ковша драглайна приведены в табл. 5.9.

Т а б л и ц а 5.9. Минимальная ширина слоя вскрышных пород в навале

Породы	Минимальная ширина слоя, м ³		
	10	15	20
Потенциально плодородные	5,8	6,6	7,3
Непригодные	7,2	8,3	9,1

Область применения предлагаемой технологии ограничивается условиями обеспечения требуемой мощности слоя потенциально плодородных пород на поверхности отвала и возможностью их селективной переэкскавации в промежуточных навалах. Минимальная высота подступа потенциально плодородных пород по первому условию определяется по формуле

$$h_{\min} = \frac{h_{\text{отвала}} H_0}{H_0}, \quad (5.180)$$

где $h_{\min}$ — требуемая мощность слоя потенциально плодородных пород на отвале, м.

Расчеты по формуле (5.180) показывают, что в условиях бокситовых карьеров величина $h_{\min}$ составляет 2,2 м. Поэтому на область применения данной технологии существенно влияют

возможности селективной переэкскавации. При этом необходимо учитывать наличие неизбежных потерь потенциально плодородных пород в процессе многократной перевалки, в целях обеспечения их требуемого качества. После каждой переэкскавации на контакте разнотипных пород в навале остается слой потенциально плодородных пород, удаляемый вместе с непригодными породами. Ширина оставленного слоя при разработке вскрытых пород драглайнами должна быть не менее 0,5 м. В связи с вышеизложенным минимальная высота подступа потенциально плодородных пород должна изменяться в зависимости от числа переэкскаваций.

При однократной переэкскавации потенциально плодородные породы располагаются в правой нижележащей части навала и ширина образуемого ими гребня значительно превышает минимальное значение по условию наполнения ковша драглайна (см. рис. 5.16, а). Поэтому в этом случае минимальная высота подступа потенциально плодородных пород принимается по условию обеспечения требуемой мощности их слоя на отвале.

При двукратной переэкскавации минимальную высоту подступа потенциально плодородных пород можно определить после преобразования выражения (5.174) по формуле

$$h_{\text{нзmin}} = \frac{(A_{\text{сmin}} + 0,5) \sqrt{H_0}}{\sqrt{A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}}}} - \frac{(A_{\text{сmin}} + 0,5)^2}{4 A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}}} \quad (5.181)$$

При трехкратной переэкскавации величина $h_{\text{нзmin}}$ определяется с учетом выражений (5.168) и (5.169) и величины потерь в предыдущих переэкскавациях по формуле

$$h_{\text{нзmin}} = \frac{(0,25 + \sqrt{A_0 h_{\text{нзmin}} K_p \sigma_{\text{гдр}}})^2}{A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}}} \quad (5.182)$$

При наличии четырехкратной переэкскавации значения рассчитываются с учетом формул (1.174), (5.181) из выражения

$$h_{\text{нзmin}} = \frac{\{2(A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}})^{0,5} [H_0^{0,5} - (H_0 - h_{\text{нзmin}})^{0,5}] + 0,5\} \sqrt{H_0}}{\sqrt{A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}}}} - \frac{\{2(A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}})^{0,5} [H_0^{0,5} - (H_0 - h_{\text{нзmin}})^{0,5}] + 0,5\}^2}{4 A_0 K_p \sigma_{\text{гдр}}} \quad (5.183)$$

В случае пятикратной переэкскавации величину минимальной высоты подступа потенциально плодородных пород находим по формуле

$$h_{\text{min}} = \frac{(0,25 + \sqrt{A_e h_{\text{en}} 4 \min K_p \text{ctg} \rho})}{A_e K_p \text{ctg} \rho} \quad (5.184)$$

Результаты расчетов по формулам (5.181)–(5.184) приведены на рисунках 5.21, 5.22). Анализ графиков показывает, что

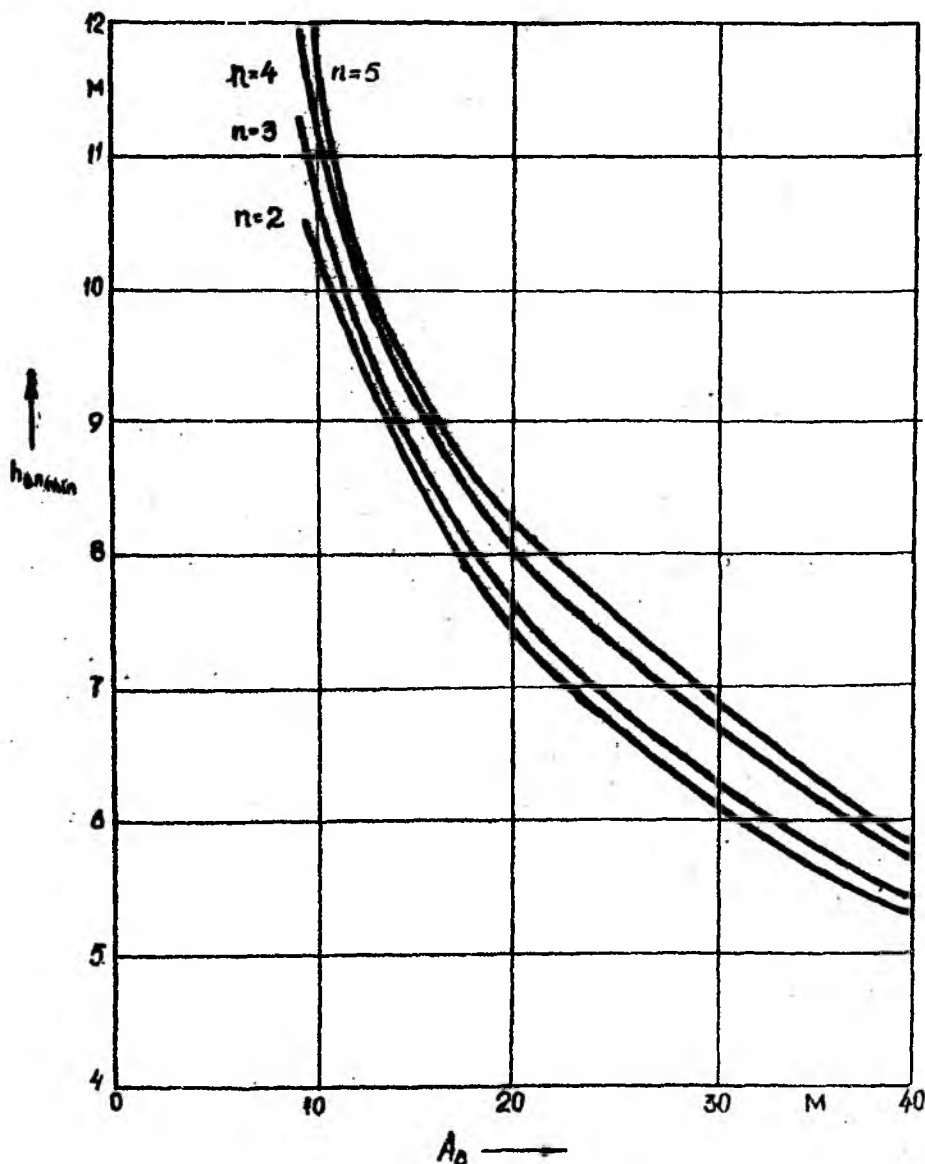


Рис. 5.21. Зависимости минимальной высоты подступа потенциально плодородных пород от ширины вскрышной заходки при различном числе переэкскаваций для $\Sigma \gamma = 15/90^\circ$

значение минимальной высоты подступа потенциально плодородных пород снижается с уменьшением вместимости ковша драглайнов и количества переэкскавации и увеличением ширины вскрышной заходки. При перевалке вскрышных пород драглайнами ЭШ=15/90А и ЭШ=20/90 с изменением величины A_B от 10 до 40 м значение h_{0min} снижается в следующих пределах: при двукратной переэкскавации – соответственно от 9,4 до 4,9 и от 10,2 до 5,3 м; трехкратной – от 10,4 до 5,3 и от 11,2 до 5,7 м; пятикратной – от 10,8 до 5,4 и от 11,6 до 5,8 м.

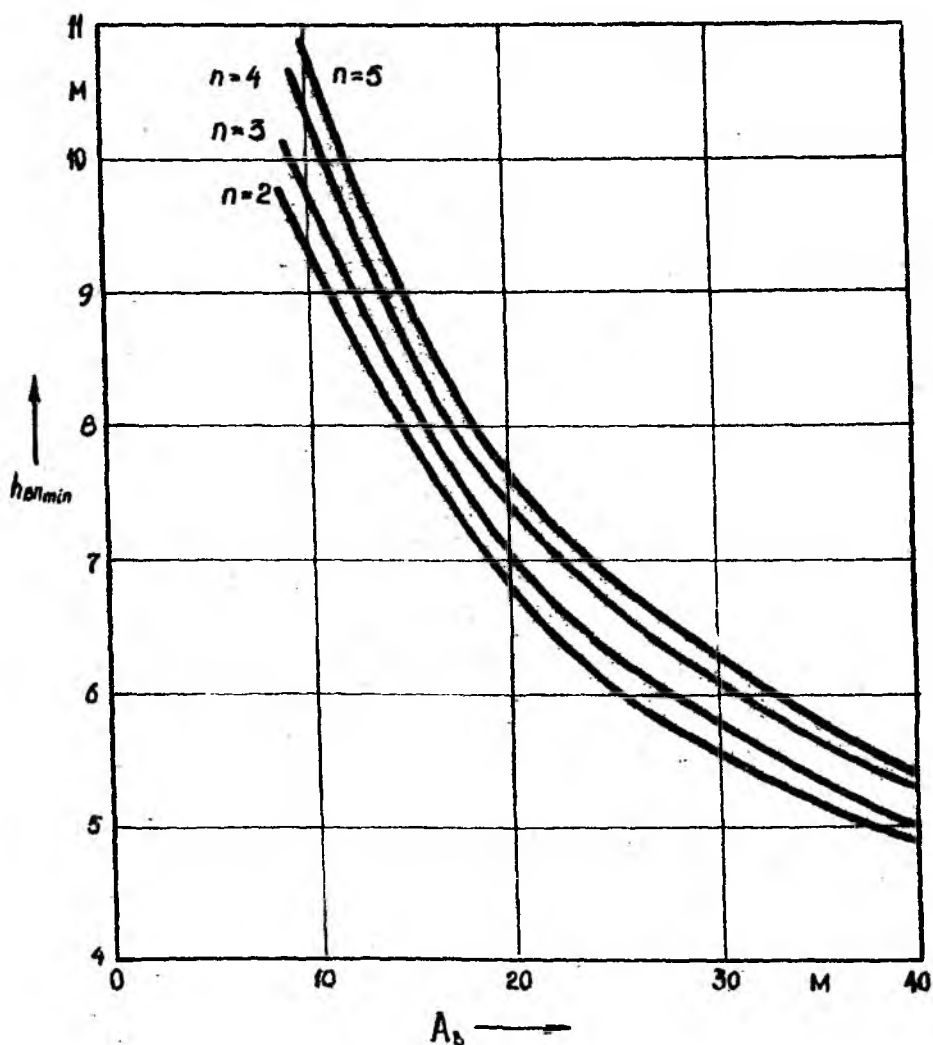


Рис. 5.22. Зависимости минимальной высоты подступа потенциально плодородных пород от ширины вскрышной заходки при различном числе переэкскаваций для $ЭШ=20/90$

Таким образом, параметры процесса селективной переэкскавации потенциально плодородных и непригодных пород на вскрышных и рекультивационных работах тесно взаимосвязаны друг с другом. Предлагаемая технология селективного формирования внешних отвалов может эффективно применяться при мощности залегания потенциально плодородных пород не менее 4,9 м при двукратной переэкскавации, 5 м – трехкратной, 5,3 м – четырехкратной и 5,4 – пятикратной, что соответствует условиям разработки бокситовых карьеров Красноярского рудоуправления.

Исследования показывают, что при углах откоса, находящихся в интервале более $25-35^{\circ}$, и высоте более 5 м происходит смыв нанесенного почвенного слоя /35/. Поэтому в технологических схемах с перевалкой вскрышных пород и последующим покрытием их плодородным слоем почвы необходимо предусматривать предварительное сплошное выглаживание или террасирование откосов. Для уменьшения объемов работ по выглаживанию или террасированию откосов отвалов и планировке поверхности их выглаживание должно предусматриваться в ходе формирования отвалов.

Образования селективно-сформированной откосной части отвала со сплошной пологой поверхностью, не требующей проведения работ по выглаживанию, возможно достичь при опережающей отсылке в основание отвала непригодных пород с внешним откосом под углом, заданным требованиями рекультивации и последующим покрытием его равномерным слоем потенциально плодородных пород. При этом высота отвала постепенно нарастает в период строительства и понижается при завершении его отсыпки. Селективная разработка и перемещение потенциально плодородных и непригодных пород могут производиться по разработанной выше технологии раздельного перемещения разнотипных пород в совместных завалах или с привлечением дополнительных комплексов оборудования.

Формирование сплошного выглаженного откоса в ходе отсыпки отвала может осуществляться следующим образом. Сначала отсыплют насыпь I из непригодных пород первой вскрышной заходки. При этом внешний откос насыпи формируют под требуемым на-

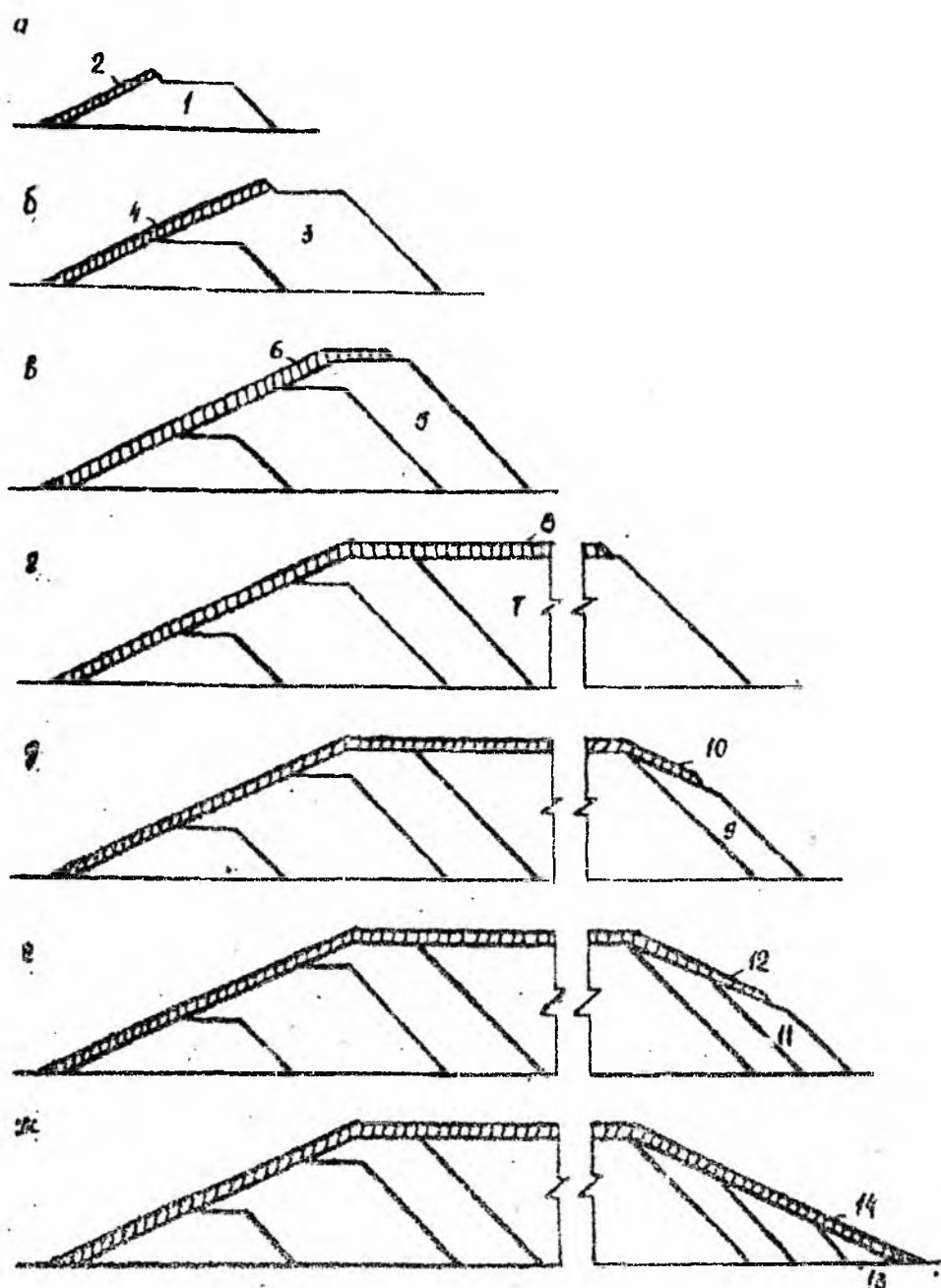


Рис. 5.23. Схема формирования пологого откоса отвала

лом, а внутренний – под углом естественного откоса. Затем поверхность внешнего откоса насыпи покрывают равномерным слоем потенциально плодородных пород 2 (рис. 5.23, а). После этого начинают отсыпку непригодных пород второй заходки в насыпь 3. Внешний откос насыпи 3 формируется под заданным углом и отсыпается по линии контакта потенциально плодородных и непригодных пород насыпи I. Потом внешний откос насыпи 3 покрывается равномерным слоем потенциально плодородных пород 4 до смыкания с поверхностью слоя 2 (см. рис. 5.23, б). Далее приступают к аналогичной отсыпке насыпи 5 из непригодных пород и слоя потенциально плодородных пород 6 (см. рис. 5.23, в). С достижением проектной высоты откосная часть отвала будет сформирована под заданным углом и покрыта потенциально плодородными породами.

После достижения проектной высоты отвала отсыпку производят под углом естественного откоса с размещением в основании отвала непригодных пород (насыпь 7) и их покрытием потенциально плодородными породами (слой 8). Такая отсыпка продолжается до приближения к границам отвального поля (см. рис. 5.23, г).

С приближением к границам отвального поля формирование откосной части отвала с постепенным понижением высоты отсыпки производится следующим образом: сначала отсыпается насыпь 9 из непригодных пород до достижения линии контакта разнотипных пород в насыпи 7. При этом верхняя часть насыпи 9 формируется под требуемым углом, а боковая – под углом естественного откоса. Затем верхнюю часть насыпи покрывают равномерным слоем потенциально плодородных пород 10 (см. рис. 5.23, д). После этого начинают отсыпку насыпи II до смыкания верхней части насыпи с линией контакта разнотипных пород в насыпи 9. Верхнюю часть насыпи II, сформированную под заданным углом, покрывают равномерным слоем потенциально плодородных пород 12 до смыкания с поверхностью слоя 10 (см. рис. 5.23, е). Далее производят аналогичную отсыпку насыпи 13 из непригодных пород и ее покрытие слоем потенциально плодородных пород 14 (см. рис. 5.23, ж).

Таким образом, с завершением отсыпки образуется отвал с ровной горизонтальной поверхностью и со сплошными пологими откосами. К достоинствам предлагаемой схемы отвалообразования следует отнести: повышение интенсивности выполнения рекульти-

вашии за счет совмещения процессов отсыпки отвалов и восстановления их откосов; уменьшение объема работ по выполаживанию откосов путем формирования сплошного полного откоса сразу под требуемым условиями рекультивации углом; сокращение потерь потенциально плодородных пород в результате отсыпки их равномерным слоем. Вместе с тем отсыпка пологого откоса с покрытием его равномерным слоем потенциально плодородных пород требует рассредоточенной разгрузки драглайна по линии внешнего откоса гребня, что снижает производительность экскаватора.

Формирование террасированного откоса при экскаваторной перевалке вскрыши во внешние отвалы возможно по следующей схеме (рис. 5.24). Откосная часть отвала формируется из нескольких отвальных насыпей сложной конфигурации, имеющих наклонные и горизонтальные поверхности. Внешний откос каждой насыпи имеет ступенчатую поверхность, покрытую потенциально плодородными породами, а внутренний — отсыпается под углом естественного откоса.

Количество и ширина образуемых террас в пределах отвальной насыпи определяются сечением разрабатываемой вскрышной заходки и требованиями рекультивации. Отсыпка каждой последующей насыпи сложной конфигурации, размещаемой в откосной части отвала, производится до пересечения линии ее откоса с горизонтальной площадкой предыдущей насыпи по краю террасы необходимой ширины. После достижения отвалом проектной высоты отсыпку производят под углом естественного откоса. Такая отсыпка продолжается до приближения к границам отвального поля.

Формирование откоса отвала, прилегающего к верхней бровке карьера, может осуществляться под углом естественного откоса, с оставлением террас и выполаживанием. Отсыпка под углом естественного откоса в данном случае смывает наносимый почвенный слой, а формирование пологого откоса приведет к необходимости увеличения объемов переексплуатации. Поэтому наиболее приемлемым вариантом в данном случае является создание террас. Их создание при завершении формирования отвала возможно в ходе отсыпки пород из последней заходки с непосредственной перевалкой.

Для условий многократной экскаваторной перевалки вскрышных пород во внешние отвалы были построены различные варианты

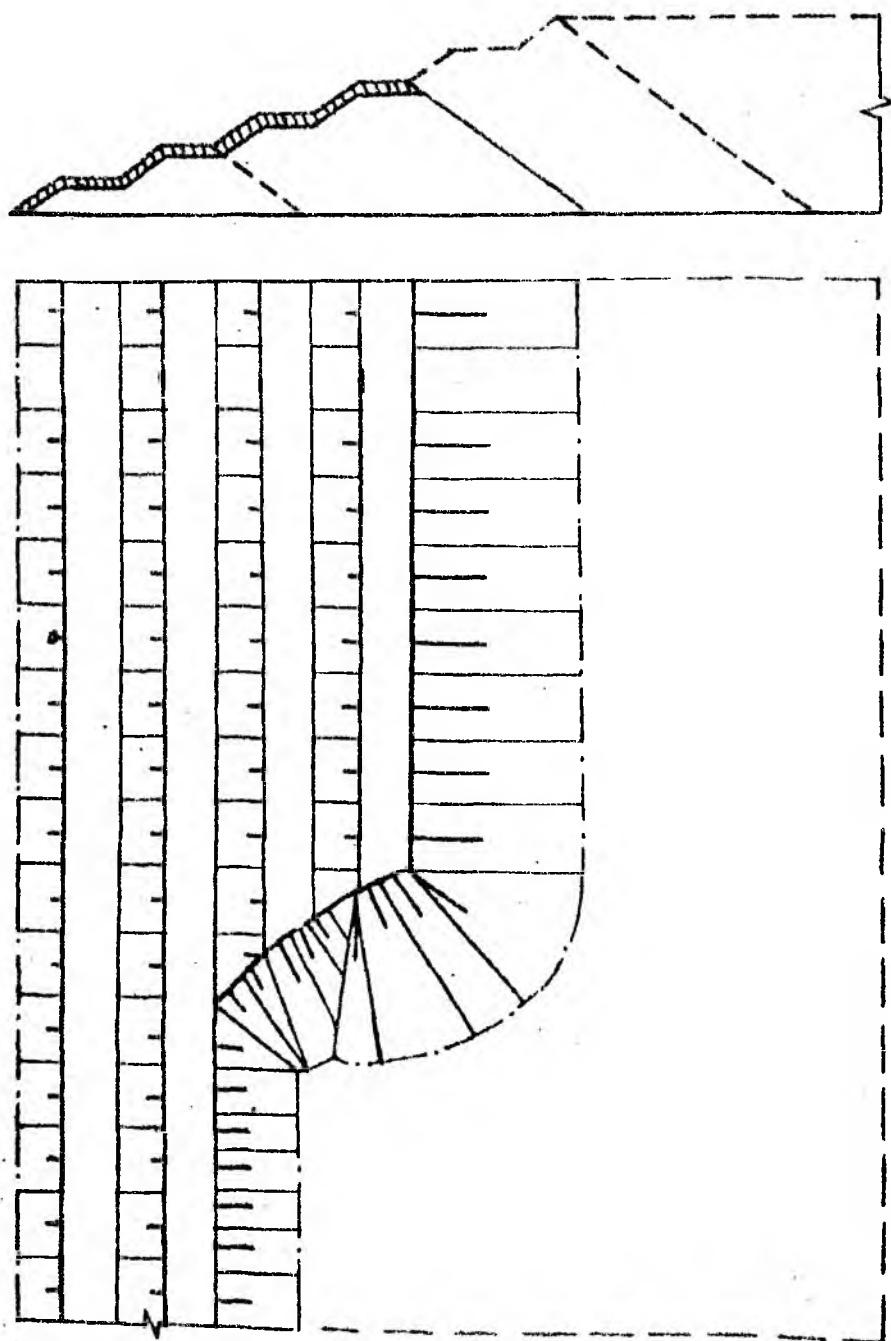


Рис. 5.24. Схема селективного формирования террасированного откоса отвала драглайнами

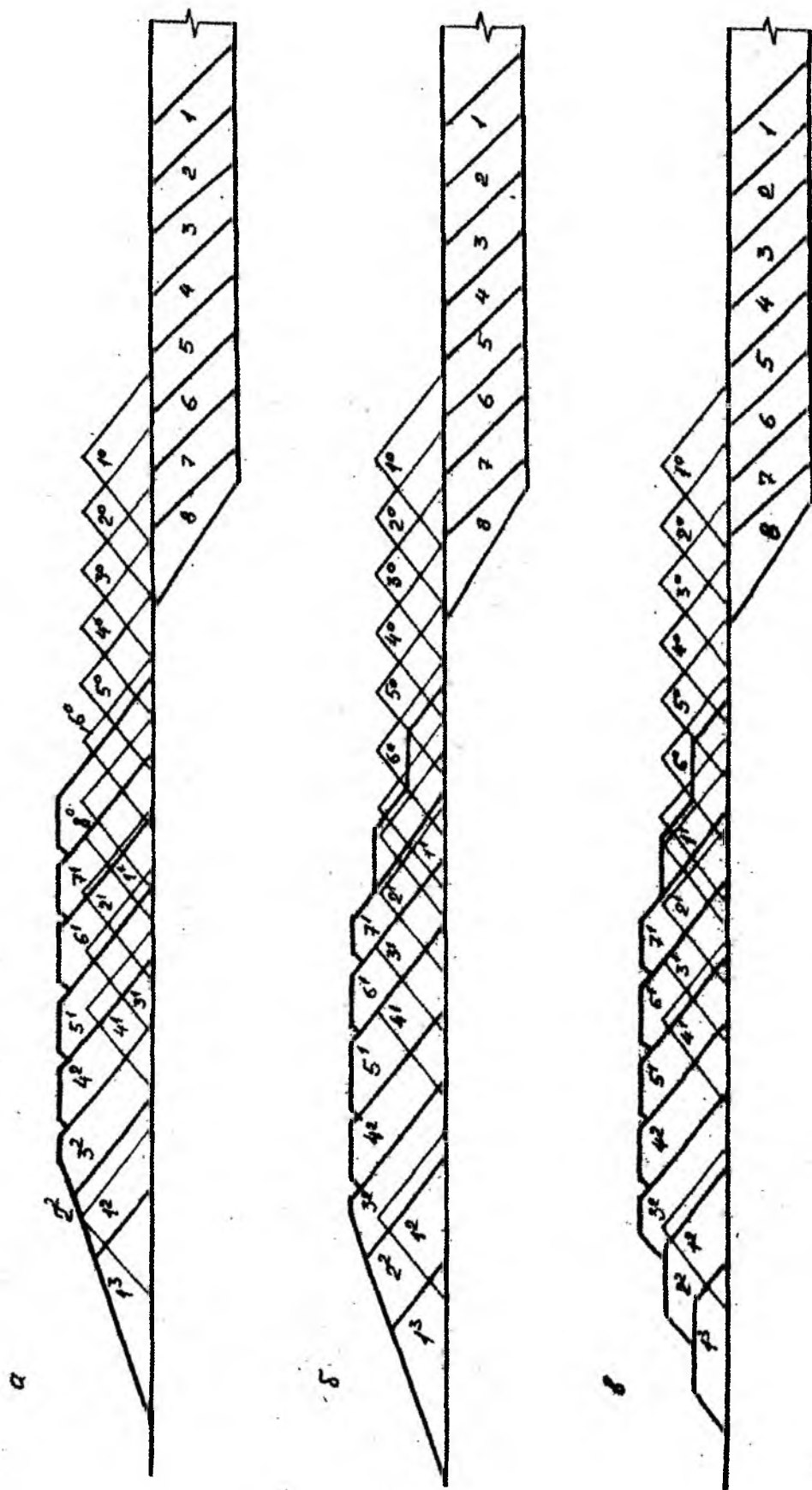


Рис. 5.25. Схемы формирования отколов отвалов при перевалке вскрыши драглайнами

схем переэкскавации с формированием сплошной пологой и террасированной поверхности откосов в ходе их отсыпки основным горным оборудованием (рис.5.25). Они показывают, что целенаправленное формирование откосов отвалов при экскаваторной перевалке не вызывает существенного увеличения объемов переэкскавации и большого усложнения организации экскаваторных работ.

Таким образом, предлагаемые технологические схемы перевалки вскрышных пород позволяют получить террасированную или выполненную поверхность откосов отвала в ходе их формирования с использованием основного горного оборудования. Это позволяет намного уменьшить объемы по выполнению и террасированию поверхности откосов отвалов, а также суммарные затраты на выполнение вскрышных и рекультивационных работ.

6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД*

6.1. Систематизация и оценка технологии восстановления отработанных карьеров

Восстановление площадей отработанных карьеров является одним из важнейших вопросов рационального использования земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых. Эффективность их восстановления зависит в значительной мере от технологии засыпки выработанного пространства карьера, при которой, как правило, перемещаются большие объемы вскрышных пород. Процесс, отвалообразования в отработанном карьере так же, как при обычной укладке вскрышных пород в отвалы, характеризуется определенным порядком подвигания фронта работ в пространстве и во времени и определяется его направлением в плане и профиле.

Многообразие различных условий, влияющих на размещение вскрышных пород в отработанном пространстве карьера, требует систематизации способов засыпки.

Систематизацию технологий засыпки отработанных карьеров предлагается группировать по следующим основным признакам:

- по направлению развития фронта отвальных работ и схемам заполнения отработанных карьеров в плане и профиле;

- по направлению развития формируемых внутри карьера отвалов относительно его контуров;

- по конструкции упора для обеспечения устойчивости отсыпанного отвала;

- по форме карьера в плане.

По направлению развития фронта отвальных работ в плане в зависимости от величины углов откосов карьера различают следующие способы заполнения отработанных карьеров /32/:

- продольные, при которых односторонний или двухсторонний

* Раздел написан совместно с кандидатом технических наук В.А.Бермухамбетовым.

фронт отвальных работ перемещается параллельно длинной оси карьерного поля;

поперечные, когда односторонний или двухсторонний фронт отвальных работ перемещается параллельно короткой оси карьера;

веерные, при которых фронт отвальных работ перемещается по вееру с центральным или рассредоточенным поворотными пунктами;

кольцевые, когда фронт отвальных работ перемещается кольцевыми полосами от центра к границам контура карьера или наоборот.

В профиле по направлению развития отвальных работ возможны следующие схемы засыпки отработанных карьеров:

поярусные, при которых отсыпку вскрышных пород производят ярусами снизу вверх;

максимальным количеством ярусов с их одновременной отсыпкой, при которых вскрышные породы укладываются поярусно, т.е. послойно с одновременной отсыпкой ярусами снизу вверх;

одноярусные, когда отсыпку вскрышных пород производят сверху одним уступом с борта карьера;

комбинированные.

Фронт отвальных работ по направлению развития отвала относительно границ карьерного поля может перемещаться от бортов к центру карьерного поля и наоборот.

Карьеры в плане по форме различают основные: круглые; квадратные; прямоугольные, а также бывают грушевидные и эллипсоидные.

В качестве упора для обеспечения устойчивости отсыпаемых отвальных ярусов и безопасности работ при засыпке глубоких карьеров, характеризующихся высокой интенсивностью подвигания фронта отвальных работ, могут быть использованы: отвальные яруса; борт карьера; предотвал, т.е. призма упора, и др.

Систематизация технологий засыпки отработанных карьеров в соответствии с указанными основными признаками приведена ниже. Каждой технологии засыпки присваивается индекс из трех букв. Порядок индексации заключается в следующем. Сначала записывается индекс способа заполнения отработанного карьера в плане, а затем индексы направления развития фронта отвальных работ в

Признак классификации

Способ заполнения отработанного карьера в плане

Направление развития фронта отвалных работ в плане

Схема заполнения отработанного карьера в профиле

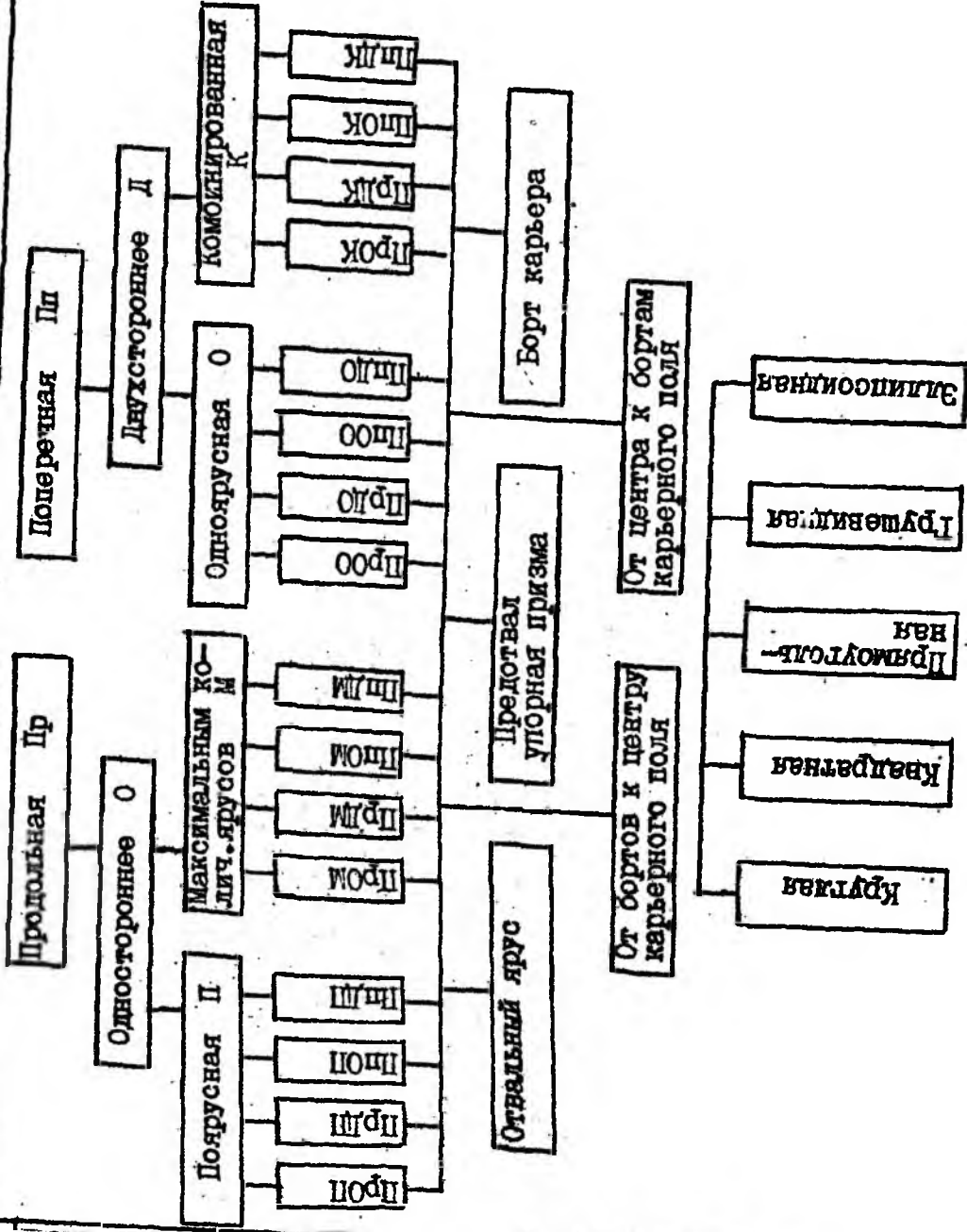
Индекс технологий за-
слыки отработанного карьера

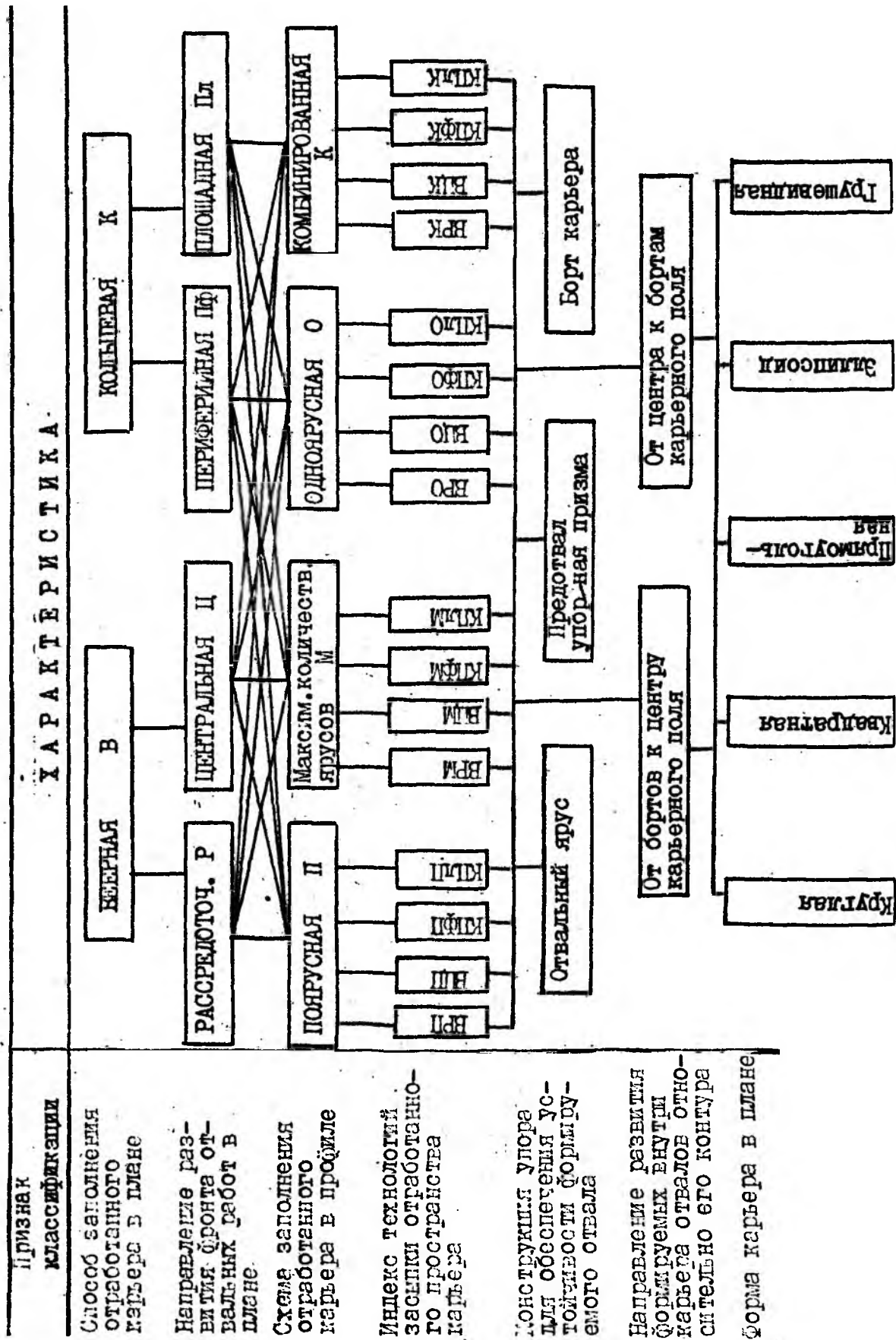
Конструкция упора для обеспечения устойчивости формируемого отвала

Направление развития формируемых внутри карьера отвалов относительно его контура

Форма карьера в плане

Х А Р А К Т Е Р И С Т И К А





плане и схемы заполнения отработанного карьера в профиле (например, ПроП – продольно–односторонняя поярусная технология засыпки отработанного карьера).

Приведенная систематизация технологий позволяет производить выбор направления развития внутренних отвалов. При этом эффективность процесса отвалообразования в выработанном пространстве карьера зависит от порядка развития отвальных работ в контурах карьерного поля.

Систематизация технологий засыпки отработанных карьеров по схемам развития на стадии проектирования также позволяет прогнозировать характер восстанавливаемых земель и выбрать оптимальный вариант засыпки карьерного поля вскрышными породами.

Таким образом, для выбора рациональной технологии засыпки выработанного карьерного поля требуется разработка показателей оценки восстановления отработанных карьеров для нужд народного хозяйства.

Технология формирования отвалов в отработанных карьерах должна обеспечивать ускоренный возврат нарушенных земель для использования их в народном хозяйстве. При этом восстановление отработанного карьерного поля определяется его параметрами, применяемой технологией засыпки и объемом складироваемых вскрышных пород. При размещении вскрышных пород в отработанном пространстве карьера процесс отвалообразования характеризуется определенным порядком подвигания фронта отвальных работ, составляющих в совокупности отвальную зону карьера, которая может иметь различные конфигурации и положения.

Изменение размеров отвальной зоны влияет на масштабы и режим восстановления, которые, в свою очередь, определяются направлением развития фронта отвальных работ. Из них наиболее распространены следующие технологии засыпки отработанных карьеров: одним ярусом с борта карьера, поярусной и с одновременной отсыпкой ярусов.

Наиболее упрощенной технологией засыпки отработанных карьеров является отсыпка вскрышных пород с дневной поверхности одним ярусом на полную глубину отработки. Однако применение данной технологии обусловлено глубиной засыпаемого карьера.

физико-механическими свойствами складываемых вскрышных пород и характеризуется повышенной опасностью ведения отвальных работ.

Поярусная отсыпка отработанного карьера производится снизу вверх. Первоначально создается отвальный ярус, равный или кратный высоте уступа, а затем осуществляется отсыпка вскрыши. После заполнения вскрытными породами этого яруса формируются следующие ярусы. При поярусной засыпке карьера планировка его поверхности производится по мере формирования верхнего яруса отвала.

При одновременном формировании всех отвальных ярусов в отработанном карьере работы должны проводиться в следующей последовательности. Отсыпка ярусов должна осуществляться с таким расчетом, чтобы они в минимальный срок достигли уровня дневной поверхности карьера, и чтобы она обеспечивала равномерное подвигание фронта отвальных работ. Технология с одновременной отсыпкой всех ярусов создает благоприятные условия для ускорения восстановления нарушенных земель.

Сравнительная оценка изложенных технологий засыпки может осуществляться на основании показателей, характеризующих породовместимость и процесс восстановления выработанного карьерного поля.

Для оценки эффективного использования выработанного пространства карьера предлагается текущий коэффициент породовместимости отработанного карьера $K_{т.п.}$, m^2/m^3 . Этот показатель характеризуется отношением площади, нарушенной карьерным полем, к объему отсыпанной вскрыши в течение определенного периода времени

$$K_{т.п.} = \frac{S_{\kappa}}{V_{\kappa}}, \quad (6.1)$$

где S_{κ} — площадь земель, нарушенных карьерным полем, m^2 ;
 V_{κ} — объем отсыпанных вскрышных пород в отработанное пространство карьера за определенный период, m^3 .

Для оценки восстановления нарушенных карьерами площадей по времени предлагается текущий коэффициент восстановления отработанного карьера $K_{т.в.}$, характеризующийся отношением площади восстановленного карьерного поля за определенный период времени к площади отработанного карьера, т.е.

$$K_{т.б} = \frac{S_б}{S_к}, \quad (6.2)$$

где $S_б$ - площадь восстановленных земель за определенный период, м^2 .

Площадь восстановленных земель отработанного карьера за определенный период времени можно установить через объем вскрышных пород, размещаемых в его выработанном пространстве

$$S_б = \frac{V_к}{H_к \cdot K_H}, \quad (6.3)$$

где $H_к$ - глубина отработанного карьера, м; K_H - поправочный коэффициент, учитывающий площадь карьера в его торцах /35/.

Изменение рекультивируемых площадей в зависимости от объема вскрышных работ и глубины карьера показано на рис.6.1.

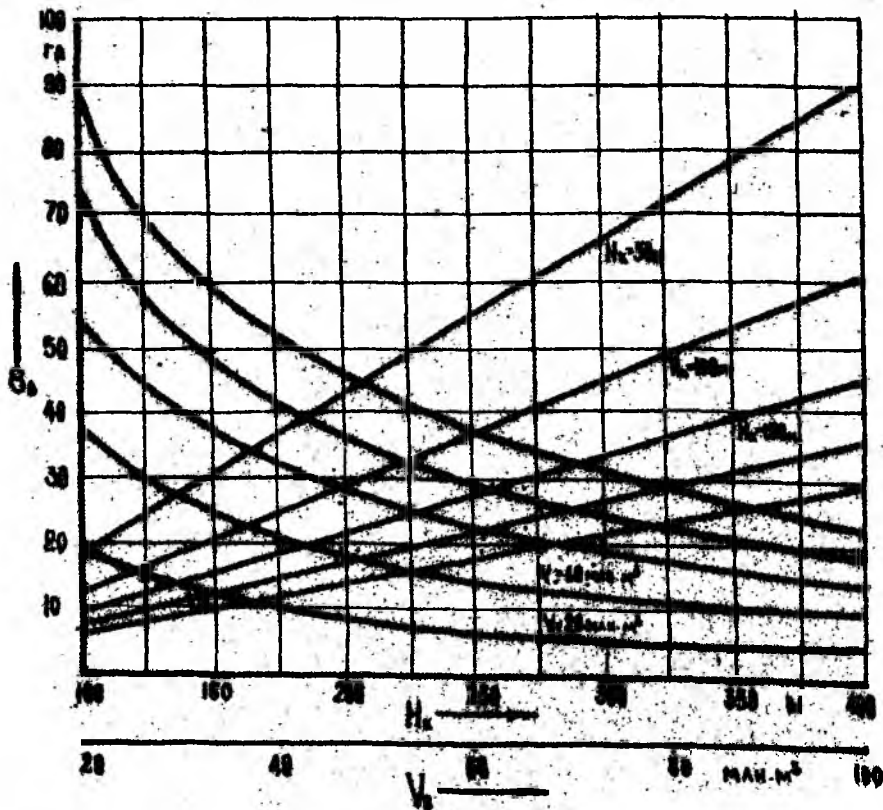


рис.6.1. Зависимость площади восстанавливаемых земель от объема складироваемых вскрышных пород и текущей глубины карьера

Площадь годового восстановления отработанного карьерного поля можно выразить через $K_{т.п.}$:

$$S_{\delta} = \frac{S_{\kappa}}{K_{\tau, \delta} K_{\kappa} K_H} \quad (6.4)$$

Из анализа зависимостей (6.2) и (6.4) видно, что значение $K_{\tau, \delta}$ обратно пропорционально $K_{\tau, \delta}$ и глубине карьера, т.е.

$$K_{\tau, \delta} = \frac{1}{K_{\kappa} K_{\tau, \delta} K_H} \quad (6.5)$$

Текущий коэффициент восстановления изменяется в зависимости от объема складированных вскрышных пород, глубины карьера, его площади и определяется по формуле

$$K_{\tau, \delta} = \frac{V_{\delta}}{H_{\kappa} S_{\kappa} K_H} \quad (6.6)$$

При одновременном формировании всех отвальных ярусов $K_{\tau, \delta}$ находится из выражения

$$K_{\tau, \delta} = \frac{[B - (H - H_0)(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \delta)]}{[2B(H_0 - H_0) - (H - H_0)^2(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \delta) + 2H_0 B - H^2(\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \delta)] K_{\tau, \delta}} \quad (6.7)$$

где B – расстояние от верхней бровки яруса до противоположного борта карьера, м; H_0 – высота отсыпанного отвального яруса, м; δ – усредненный угол борта карьера, град.; α – естественный угол откоса пород, град.

Значение текущего коэффициента восстановления отработанного карьера при оптимальной технологии засыпки в любой период времени будет максимальным и стремиться к проектному $K_{\tau, \delta}$.

Значение $K_{\tau, \delta}$ может быть равно или меньше единицы. Когда $K_{\tau, \delta}$ меньше единицы, она показывает частичное восстановление площади карьерного поля, а при достижении единицы – полное.

Изменение значения $K_{\tau, \delta}$ при различной технологии засыпки показывает, что наиболее эффективна отсыпка пород в выработанном пространстве с развитием фронта отвальных работ от бортов к центру карьерного поля с равномерным подвиганием всех ярусов (рис. 6.2).

Как видно из рис. 6.3, $K_{\tau, \delta}$ достигает максимума при уменьшении $K_{\tau, \delta}$ и увеличении объемов вскрышных пород.

Таким образом, на эффективность восстановления земель при засыпке выработанного карьера значительно влияют схемы их развития. Для увеличения темпов восстановления выработанного про-

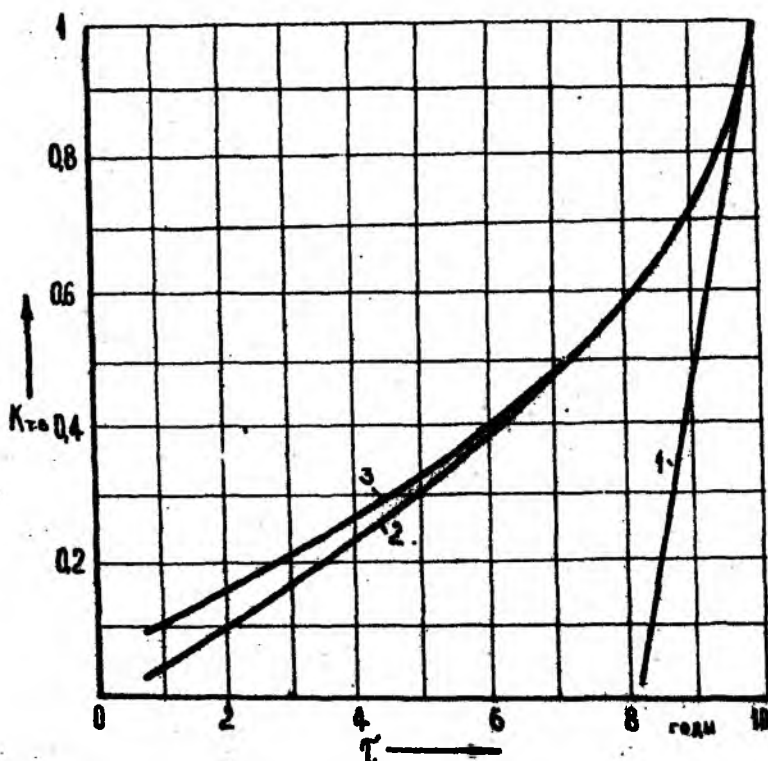


Рис. 6.2. Изменение $K_{т.в}$ при различных схемах восстановления отработанного карьера: 1 – полюсное заполнение карьера снизу вверх горизонтальными слоями; 2 – заполнение карьера ярусами снизу вверх с одновременным формированием всех отвальных ярусов; 3 – заполнение карьера сверху одним уступом с борта карьера

отранства карьера отсыпку вскрышных пород необходимо осуществлять от бортов к центру карьерного поля с равномерным продвижением всех отвальных ярусов. Рекомендуемые коэффициенты для оценки технологии засыпки позволяют установить фактическое состояние и степень их эффективности на любом этапе восстановления отработанных карьеров. В зависимости от величины текущего коэффициента восстановления $K_{т.в}$ при разработке месторождений группой карьеров или отдельными карьерными полями отработанные карьеры вскрышными породами могут быть заполнены частично или полностью.

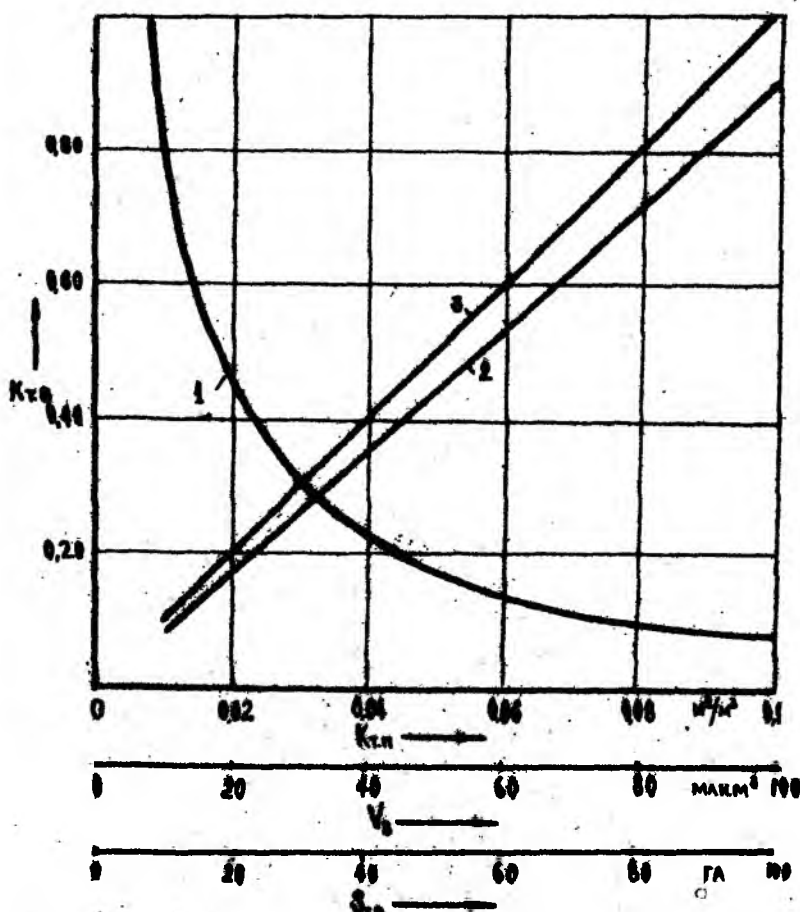


Рис. 6.3. График зависимости $K_{T.B}$ от $K_{T.П}$ (1), объема вскрышных пород (2) и площади восстановления (3)

6.2. Технология частичной засыпки отработанных карьеров

Один из способов воспроизводства земельных площадей, нарушаемых открытыми горными работами, — использование отработанных карьеров для складирования вскрышных пород. В результате этого расходы на рекультивацию снижаются в 4-5 раз.

Характер восстановления нарушенных карьерами земель зависит от соотношения объемов складироваемых вскрышных пород и отработанного пространства карьера. При объемах вскрыши, недостаточных для полного заполнения выработанного пространства, осуществляется его частичное восстановление, в результате

чего народному хозяйству возвращается определенная часть нарушенных земель.

Для этих условий предлагается технология частичной засыпки карьера, которая приемлема как для отработанных карьеров, так и для карьеров, находящихся на стадии доработки. Сущность данной технологии заключается в том, что фронт отвальных работ развивается от бортов карьера к центральной части карьерного поля и отсыпку производят сверху одним уступом до смыкания с предотвалом. Формирование отвального яруса осуществляют до смыкания его откосной поверхности с откосной поверхностью или нижней бровкой предотвала, в результате чего образуется пространство между откосами. Затем производится выполаживание отвального яруса в межоткосное пространство. При этом последовательность отсыпки вскрышных пород в отработанное пространство карьера заключается в следующем.

Разработка вскрышных пород при доработке карьера производится, как правило, на его нижних горизонтах. В этом случае при достаточной ширине рабочей площадки возможно складирование пород в этом же карьере. Первоначально в отработанной части карьера (рис. 6.4) по всей длине или ширине формируются предотвалы призмы упора из вскрышных пород в один или несколько слоев. Количество последних зависит от объемов вскрыши и достаточной ширины дна рабочей площадки для складирования вскрышных пород.

Одним из основных условий при предлагаемой технологии частичной засыпки карьера является наличие межоткосного пространства соответствующей высоты H_B , которая достигается как в процессе формирования предотвала, так и в ходе отсыпки отвального яруса.

Оптимальную высоту межоткосного пространства, обеспечивающую минимальный объем выполаживания, можно определить из выражения

$$H_B = \frac{0,5 H \sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} + \frac{0,25 H \sin^2(\alpha - \beta)}{(\sin \alpha \cos \beta + 3 \sin \beta \cos \alpha) \sin \alpha} \quad (6.8)$$

Высота предотвала H_D регламентируется минимальным расстоянием перевозки вскрыши на горизонталь внутрикарьерным транспортом.

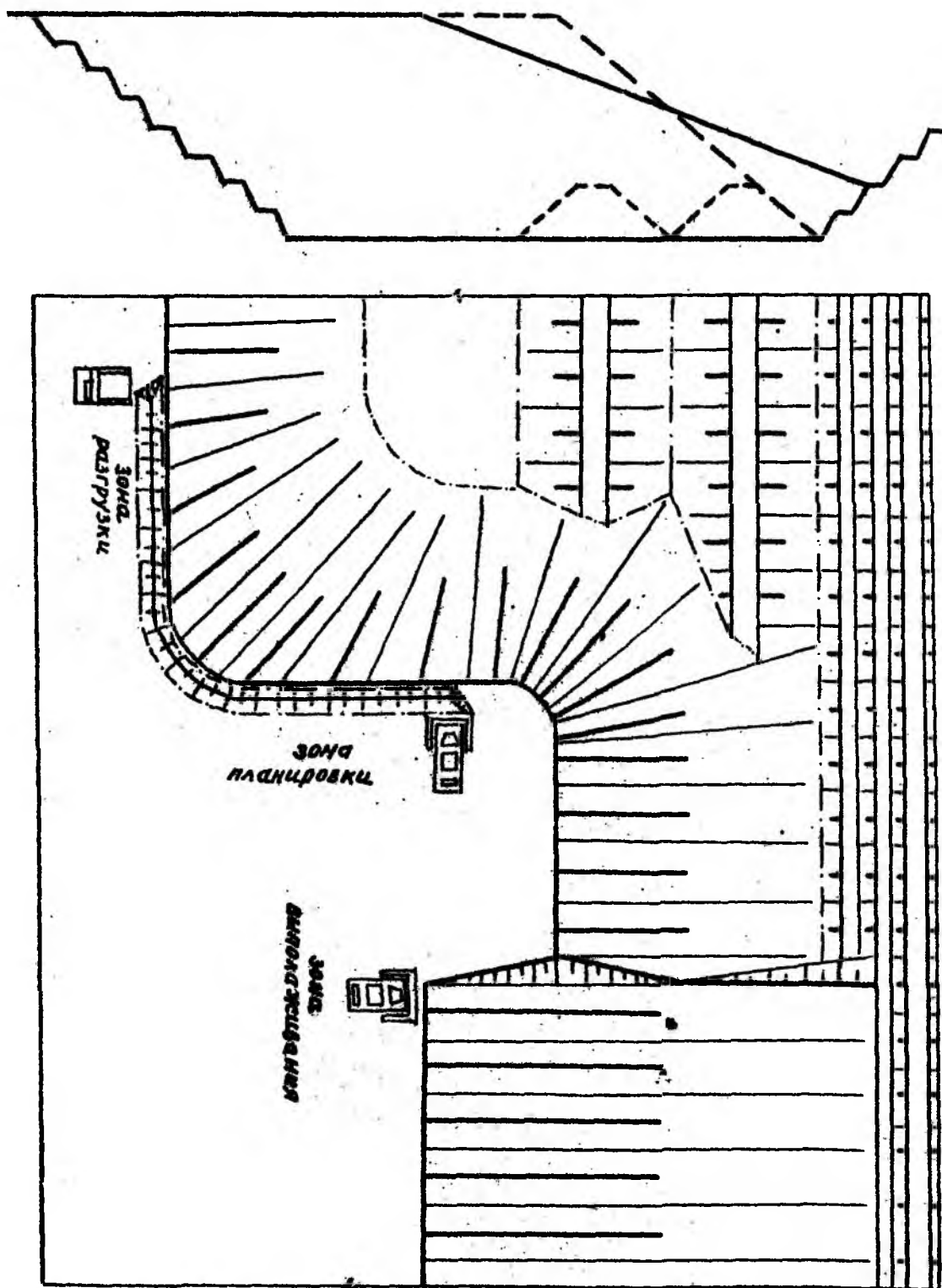


Рис.6.4. Технологическая схема частичного заполнения
 отработанного карьера

В условиях действующих карьеров в зависимости от объемов складированных вскрышных пород формирование упорных призм в слое можно осуществлять:

- 1) до смыкания нижней бровки каждого последующего яруса с нижней бровкой предыдущего слоя (рис.6.5,а);
- 2) до смыкания нижней бровки каждого последующего слоя упорной призмы с откосной поверхностью предыдущего слоя (рис. 6.5,б);
- 3) обособленно друг от друга (рис.6.5,в).

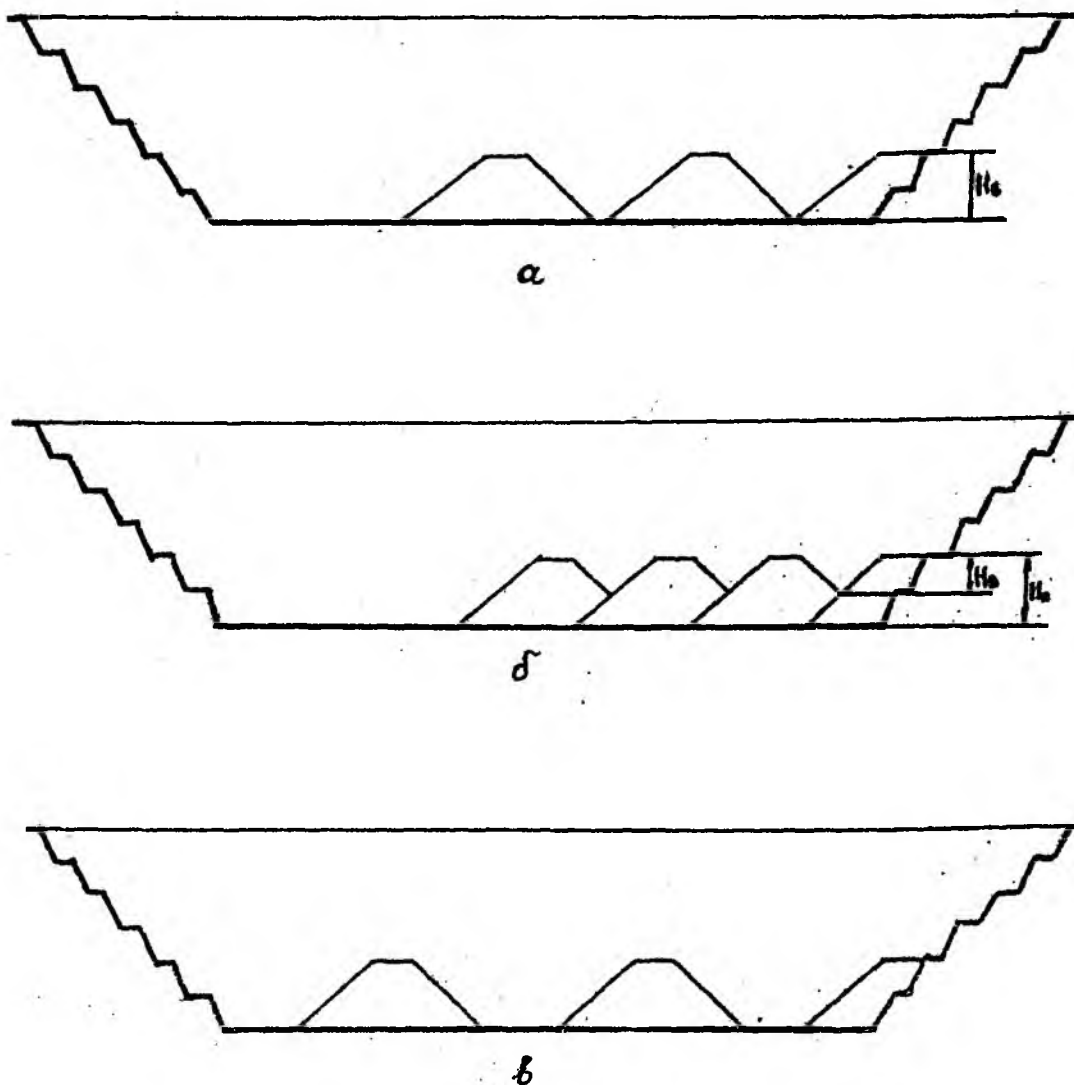


Рис. 6.5. Схемы формирования упорных призм в слое

Упорные призмы при этом формируются бульдозерами из доставленных автотранспортом вскрышных пород. Ширина их по технологическим факторам определяется условиями производительной и безопасной работы горно-транспортного оборудования и складывается из ширины транспортной полосы и полосы безопасности

$$Ш_{y,n} = Ш_{ny} + 2Z. \quad (6.9)$$

Ширина полосы, занимаемой одним автосамосвалом при маневрировании, зависит от радиуса его разворота, который для БелАЗ-540 и БелАЗ-549 составляет соответственно 8,3 и 9,5 м.

При автотранспорте ширина проезжей части дорог равна $/32/$

$$Ш_{ny} = n_{п.сл} (B_a + 2m_a), \quad (6.10)$$

где $n_{п.сл}$ - число полос движения; B_a - ширина автосамосвала по скатам колес, м; m_a - зазор между кузовами встречных автомашин, м:

$$m_a = 0,5 + 0,005V, \quad (6.11)$$

где V - средняя скорость движения автосамосвала, км/ч. Ширина полосы безопасности определяется шириной призмы возможного обрушения

$$Z = H_n (\operatorname{ctg} \gamma - \operatorname{ctg} \delta_p), \quad (6.12)$$

где γ - угол устойчивого откоса уступа 35-75 град.; δ_p - угол откоса рабочего уступа 45-85 град.

Ширина проезжей части отвала при двухполосном движении для автотранспорта грузоподъемностью 27-40 и 75-120 т составляет соответственно 10-16 м.

Обычно на отвалах автосамосвалы разгружаются вдоль отвального фронта в непосредственной близости от верхней бровки отвала. При этом большая часть породы сталкивается под откос отвала. Операции по перемещению породы под откос могут осуществляться попеременно одним или несколькими бульдозерами. Для маневрирования и выполнения планировочных работ используются бульдозеры Д-572, минимальная ширина площадки для них составляет 5-10 м. С учетом всех факторов можно установить минимальную ширину отвала для БелАЗ-540 и БелАЗ-548, равную 20-25 м

Рассмотрим возможные случаи образования межоткосного про-

странства при различных схемах формирования упорных призм.

1. Формирование упорных призм осуществляется в результате смыкания нижних бровок каждого последующего слоя с нижней бровкой предыдущего слоя, в результате которого образуется межоткосное пространство. Высота его H_B может быть равна H_{II} или $< H_{II}$ высоты предотвала.

В первом случае процесс формирования и развития отвального яруса производится до смыкания откосной поверхности его с откосной поверхностью предыдущего слоя призмы (рис. 6.6, а).

При формировании упорных призм в один слой, отсыпку откосной поверхности отвального яруса осуществляют до смыкания с нижней бровкой предотвала.

В последнем случае, когда $H_B < H_{II}$, формирование и развитие откосной поверхности отвального яруса производят до смыкания с откосной поверхностью предотвала (рис. 6.6, б).

2. Формирование упорных призм в слое осуществляют в результате смыкания нижней бровки каждого последующего слоя призмы с откосной поверхностью предыдущего слоя, вследствие чего образуется межоткосное пространство, высота которого меньше высоты предотвала $H_B < H_{II}$.

Если высота образованного межоткосного пространства будет равна расчетной высоте $H_0 = H_B$, то при этом формирование откосной поверхности отвального яруса производят до смыкания с откосной поверхностью предыдущего слоя призмы (рис. 6.7, а).

При формировании упорных призм в один слой отсыпку откосной поверхности отвала осуществляют до смыкания с откосной поверхностью предотвала до достижения оптимальной высоты межоткосного пространства.

В случае, когда высота образованного межоткосного пространства H_0 будет больше высоты H_B , отсыпку откосной поверхности отвального яруса производят до смыкания с откосной поверхностью предотвала на оптимальную высоту H_B (рис. 6.7, б).

3. Формирование упорных призм осуществляют обособленно друг от друга. Межоткосное пространство в этом случае образуется только лишь при достижении откосной поверхности отвального яруса с откосной поверхностью предотвала, высота которого может быть равна или меньше высоты предотвала. Отсыпку откосной поверхности отвального яруса в первом случае производят до

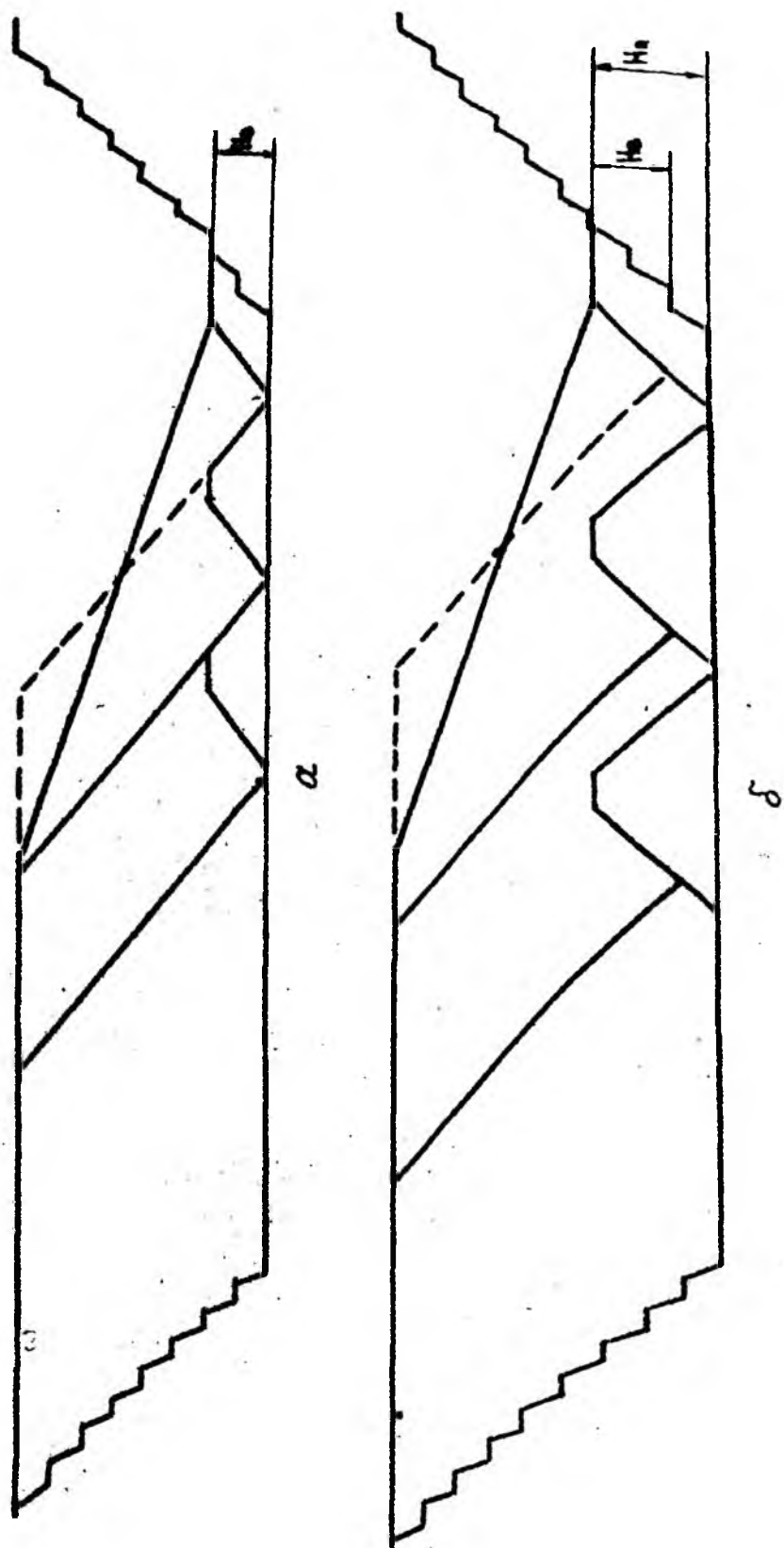


Рис. 6.6. Схемы формирования и развития отвалного яруса

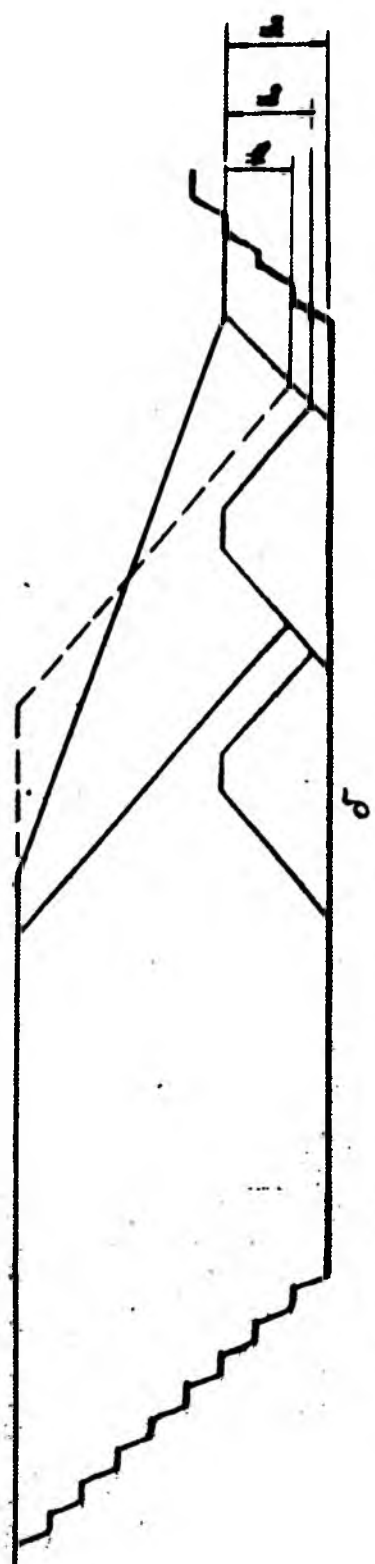
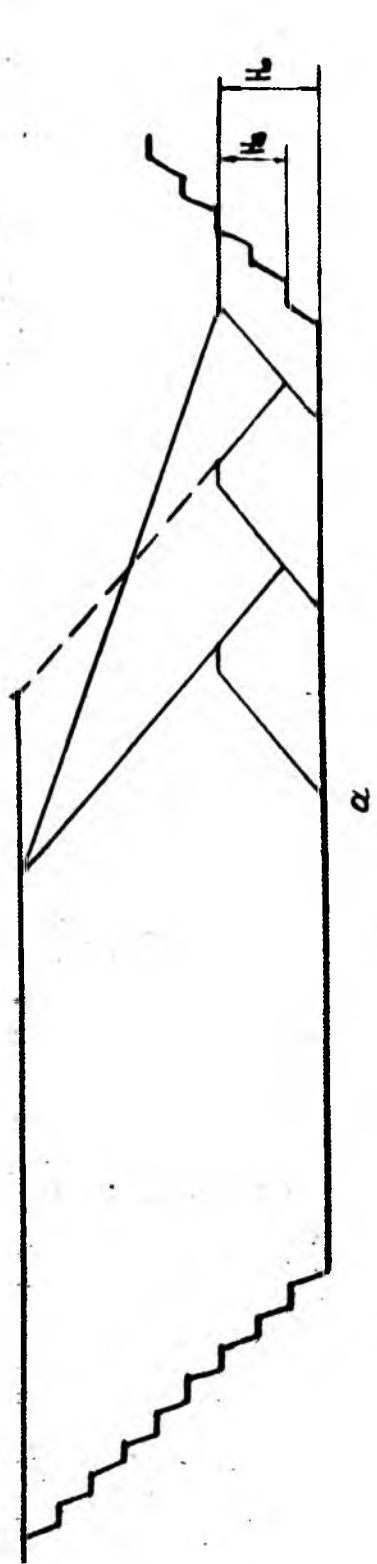


Рис. 6.7. Последовательность формирования и развития отвального яруса

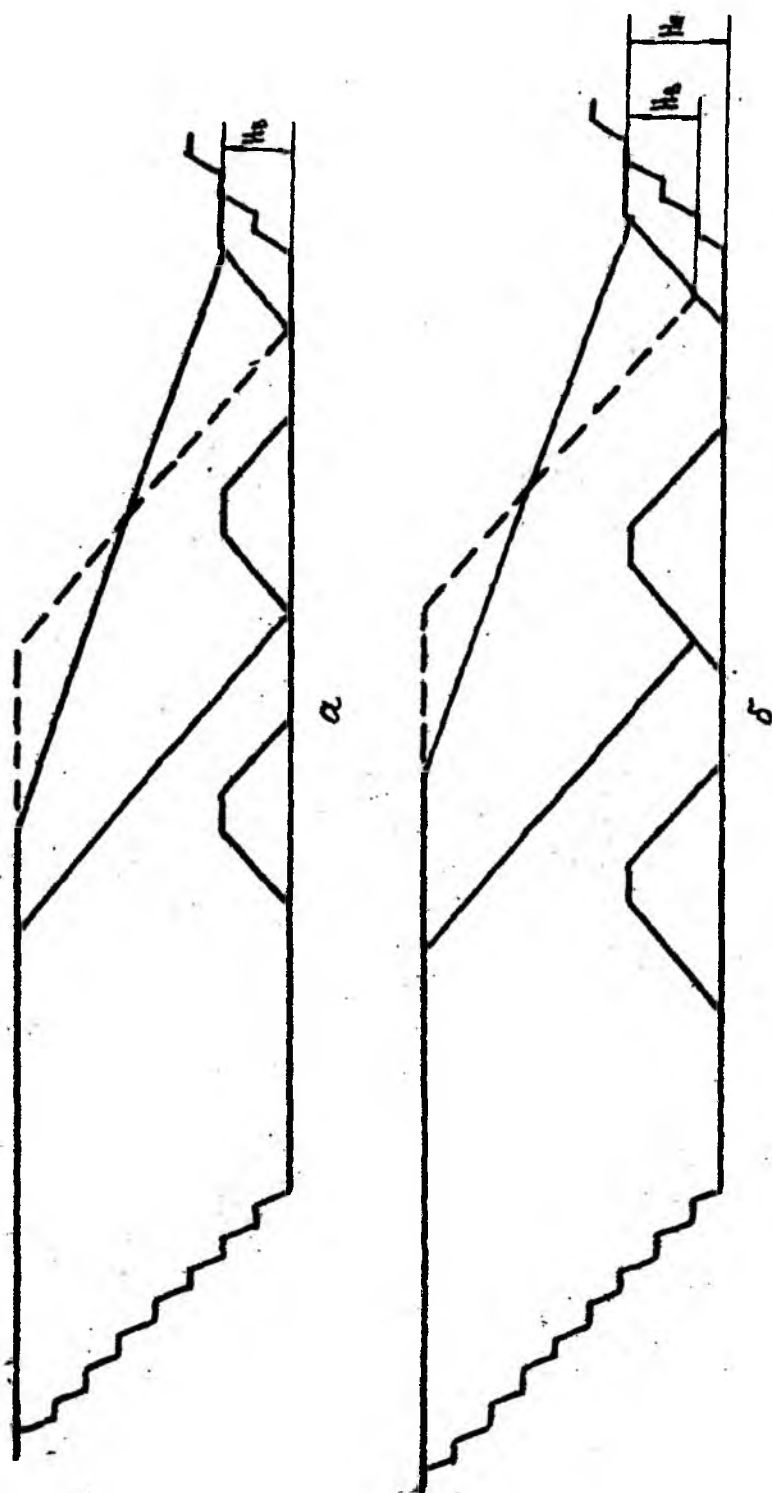


Рис. 6.8. Порядок формирования и развития отвального яруса

смыкания с нижней бровкой предотвала (рис.6.8,а), а в последнем – с откосной поверхностью предотвала (рис.6.8,б) до достижения соответствующей высоты межоткосного пространства H_B .

Таким образом, для достижения межоткосного пространства соответствующей высоты H_B в зависимости от схемы развития упорных призм в слое необходимо формирование откосной поверхности отвального яруса производить до смыкания с откосной поверхностью предотвала, предыдущего слоя призмы, а также с нижней бровкой предотвала или упорной призмы.

Доставку вскрышных пород для формирования предотвала при отсутствии их в контурах карьера осуществляют из соседних карьеров. Формирование предотвала производится в один слой по всей ширине или длине дна карьера. В этом случае в зависимости от объемов укладываемых вскрышных пород отсыпку предотвала необходимо начинать, отступив на некоторое расстояние Δl_n от нижней бровки борта карьера, равное

$$\Delta l_n = \frac{V_B}{H_K L} - \frac{H_K \sin(\alpha - \gamma)}{2 \sin \alpha \sin \gamma}, \quad (6.13)$$

где V_B – объем вскрышных пород на отвальном ярусе, m^3 ; H_K – глубина карьера (высота отвального яруса), m ; L – длина простирания, m ; γ – усредненный угол откоса борта карьера, град.

Результаты расчета показывают (рис.6.9), что величина Δl_n зависит от высоты отвального яруса и объема отсыпаемых вскрышных пород. С увеличением объемов вскрыши значение растет, а с возрастанием высоты отвального яруса снижается.

В зависимости от схем формирования упорных призм и их количества, а также имеющихся объемов вскрыши отсыпку отвального яруса производят по одной из трех вышеперечисленных схем. Затем после достижения межоткосного пространства соответствующей высоты H_B бульдозером производят выглаживание отвального яруса до требуемого угла биологической рекультивации.

Основными параметрами, определяющими объем планировочных работ при выглаживании, являются высота отвала и угол выглаживания /33/

$$V_{gl} = K_0 H^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \alpha) P. \quad (6.14)$$

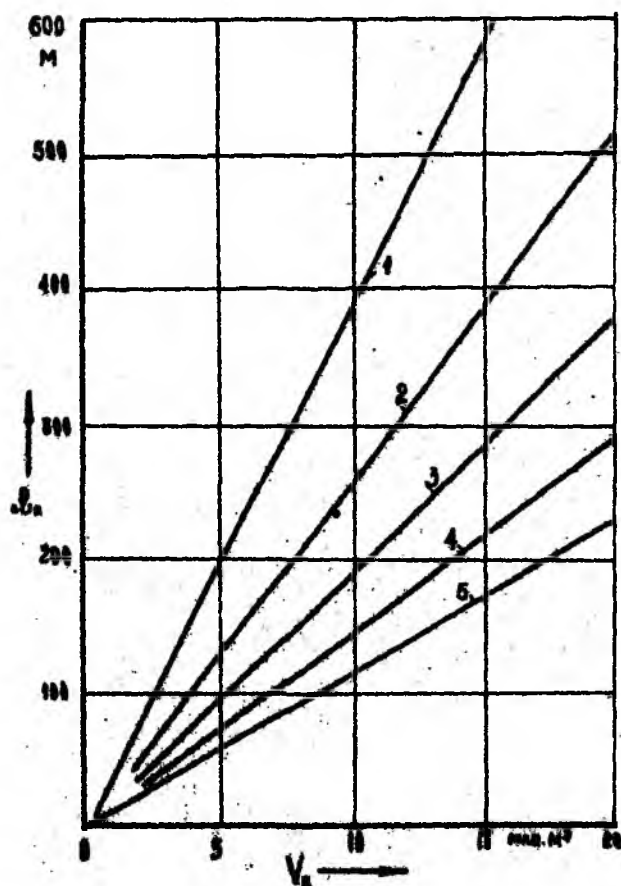


Рис. 6.9. Зависимость расстояния Δl_n от объема складированных вскрышных пород: 1, 2, 3, 4, 5 – соответственно при высоте отработанного карьера 50, 75, 100, 125 и 150 м

После завершения работ по выполаживанию откосов отвальных ярусов на восстановленную поверхность наносится плодородный слой почвы, мощность которого зависит от назначения последующего освоения.

Объем плодородного слоя почвы, необходимый для покрытия рекультивируемой поверхности, определяется так

$$W_{п.с} = S_p h_{п.с}, \quad (6.15)$$

где S_p – площадь рекультивируемой поверхности, m^2 ; $h_{п.с}$ – мощность наносимого плодородного слоя почвы, м. После завершения работ по технической рекультивации в оставшейся части выработанного пространства также может быть создан водоем.

Таким образом, предлагаемая технология частичной засыпки карьера с использованием предотвала позволяет уменьшить объем горно-планировочных работ по выполаживанию на 10–40% при изменении углов выполаживания от 10 до 25° и естественного откоса пород от 35 до 43°. Параметры технологии частичной засыпки в

основном зависят от глубины карьера, углов естественного откоса пород и выполаживания, а также от наличия предотвала при выполаживании. Расчет параметров внутренних отвалов при предлагаемой технологии засыпки должен производиться с учетом влияния параметров предотвала на объем горно-планировочных работ.

6.3. Технология полного заполнения отработанных карьеров

Наиболее общим решением проблемы восстановления отработанных карьеров является полная засыпка их вскрышными породами. Однако она осуществима при величине коэффициента $K_{т.в.}$, равной единице, и эффективной технологии засыпки, учитывающей глубину карьера и физико-механические свойства вскрышных пород и обеспечивающей минимальные затраты. Следует отметить, что при заполнении отработанных карьеров до отметки дневной поверхности создаются благоприятные условия для их использования в народном хозяйстве.

Рекомендуемая технология засыпки глубоких карьеров предусматривает отсыпку пород снизу вверх с одновременным формированием всех отвальных ярусов (рис. 6.10). При этом фронт работ на отвальных ярусах развивается от бортов карьера к центральной части карьерного поля с противоположных сторон до их полного смыкания, с превышением по высоте каждого последующего яруса относительно предыдущего. После формирования отвальных ярусов в выработанном пространстве карьера образуется горизонтальная поверхность.

Последовательность засыпки карьера по данной схеме следующая. Первоначально формируется предотвал I, высота которого выбирается в зависимости от параметров карьера, равной или кратной высоте уступов, но не выше высоты отвального яруса 2.

Одновременно с началом отсыпки предотвала с противоположного борта карьера осуществляют работы по формированию отвального яруса 2, высота которого определяется условиями устойчивости и безопасного ведения работ.

По мере достижения достаточной длины фронта отвальных работ на нижних ярусах I, 2 для безопасного ведения процесса отвалообразования начинают отсыпку вскрышных пород на 3 и 4 ярусах.

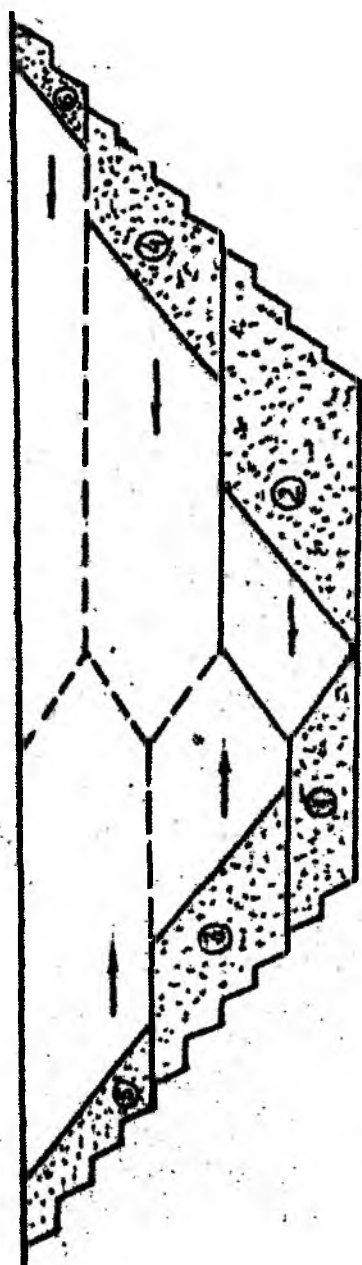


Рис. 6.10. Схема полного заполнения отработанного карьера

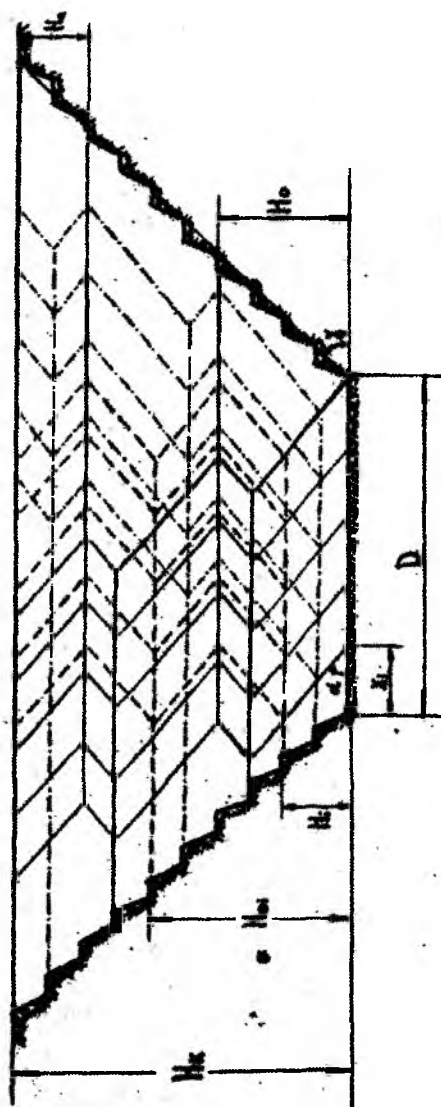


Рис. 6.11. Схема к определению вариантов заполнения при многоярусной отсыпке отработанного карьера

Формирование отвального яруса 2 производят до смыкания его нижней бровки с верхней предотвала в центральной части карьерного поля. При этом откосная часть предотвала служит упорной поверхностью последующего яруса, вследствие чего обеспечиваются устойчивость его поверхности и, следовательно, безопасность ведения процесса отвалообразования.

Формирование отвальных ярусов 5,6 начинают по мере образования достаточного фронта отвальных работ на нижних ярусах.

Затем циклы отсыпки последующих ярусов повторяются до достижения ими уровня дневной поверхности, после чего засыпку отработанного карьера осуществляют равномерным подвиганием всех отвальных ярусов с развитием фронта работ от бортов к центру карьерного поля.

В дальнейшем, начиная с нижних ярусов, процесс формирования постепенно заканчивается смыканием нижней бровки вышележащего яруса с верхней бровкой нижележащего яруса.

Таким образом, предложенная схема засыпки глубоких карьеров обеспечивает безопасные условия отсыпки и повышает эффективность восстановления поверхности нарушенных карьерных полей.

Эффективность восстановления полной засыпкой отработанных карьеров в значительной степени определяется не только объемом складировемых вскрышных пород, но и их рациональным распределением на отвальных ярусах, что, в свою очередь, предопределяется принятой технологией засыпки.

При рекомендуемой технологии засыпка отработанного карьера производится ярусами снизу вверх до смыкания нижней бровки верхнего яруса с верхней бровкой нижнего яруса. При многоярусной засыпке вскрышные породы размещаются сначала на предотвале, а затем на четных, нечетных и конечном отвальном ярусах. Число и параметры отвальных ярусов устанавливаются исходя из глубины карьера и условия устойчивости отсыпаемых ярусов. В зависимости от изменения параметров предотвала и его местоположения относительно дна карьера возможно множество вариантов засыпки (рис. 6. II), существенно влияющих на рациональное распределение объемов вскрыши на отвальных ярусах.

Выбор рационального направления многоярусной отсыпки отработанного карьера осуществляется по минимуму затрат на отвалообразование

$$Z = Z_0 + Z_ч + Z_н + Z_п \rightarrow \min, \quad (6.16)$$

где Z_0 , $Z_ч$, $Z_н$, $Z_п$ - параметры соответственно на формирование предотвала, четных, нечетных и конечного отвальных ярусов, руб.

Объем отсыпаемых вскрышных пород V_0 должен быть равен объему отработанного пространства карьера V_k , т.е.

$$V_0 = V_k. \quad (6.17)$$

Высота предотвала H_{ni}^0 должна быть равна или кратна высоте уступов H_y , но не выше устойчивой высоты отсыпаемых ярусов H , т.е.

$$H_{ni}^0 = n H_y < H, \quad (6.18)$$

где n - число уступов.

Ширина основания предотвала (шаг отсыпки) должна быть меньше или равна ширине или длине дна карьера в зависимости от направления развития фронта отвальных работ в плане, т.е.

$$X_{i0} \leq D, \quad (6.19)$$

где D - ширина или длина дна карьера, м.

Задаваясь i -й высотой и шириной основания предотвала, определяем основные параметры отсыпаемых отвальных ярусов.

Ширину отсыпаемой поверхности предотвала можно определить как

$$Ш_{i0} = X_{i0} - H_{ni}^0 (\operatorname{ctg} \alpha - \operatorname{ctg} \beta_0), \quad (6.20)$$

где X_{i0} - ширина основания предотвала, м; H_{ni}^0 - начальная исходная высота предотвала, м; β_0 - угол откоса группы уступов, соответствующей высоте предотвала, град.

Расстояние от верхней бровки предотвала до противоположного борта карьера определяется из выражения

$$B_{i0} = D + H_{ni}^0 (\operatorname{ctg} \beta_0 + \operatorname{ctg} \beta'_0) - Ш_{i0}, \quad (6.21)$$

где β'_0 - угол откоса группы уступов противоположного борта карьера, соответствующей высоте предотвала, град.

Протяженность фронта отвальных работ при формировании предотвала определяется по формуле

$$L_{i0} = 2(Ш_{i0} + B_{i0}) \arccos \left[\frac{(Ш_{i0}^2 + 3Ш_{i0}B_{i0} + 3B_{i0}^2)}{(Ш_{i0}^2 + 4Ш_{i0}B_{i0} + 3B_{i0}^2)} \right]. \quad (6.22)$$

Зная соответствующие параметры и протяженность фронта работ, можно определить объем укладываемых на предотвале вскрышных пород

$$V_{io} = \left(\frac{\omega_{io} + \chi_{io}}{2} \right) H_{ni}^0 l_{io}. \quad (6.23)$$

Расстояние транспортирования вскрышных пород до предотвала в зависимости от параметров карьера находится по формуле /32/

$$R_{io} = K_y \frac{H_k - H_{ni}^0}{j} 0.001 + R, \quad (6.24)$$

где K_y - коэффициент удлинения трассы; j - уклон трассы пути, %; R - расстояние транспортирования вскрышных пород до засыпаемого карьера, км.

При варьировании расстояния перемещения груза себестоимость I т.км изменяется почти по линейной зависимости и может быть определена по формуле /30/

$$C_{io} = \frac{C [R_{io} : R (1 - K_n) + K_n]}{R_{io} : R}, \quad (6.25)$$

где C_{io} , C - соответственно искомая и начальная себестоимость руб/т.км; K_n - коэффициент, характеризующий долю условно-постоянных расходов в структуре эксплуатации затрат $K_n = 0.35$ при автотранспорте.

Затраты на формирование предотвала для i -го шага отсыпки в рублях составят

$$Z_{io} = V_{io} \gamma \left(R_{io} + \frac{\omega_{io} 0.001}{2} \right) C_{io}, \quad (6.26)$$

где γ - плотность вскрышных пород, т/м³.

Ширину поверхности отвальных ярусов для i -го шага отсыпки в зависимости от четного или нечетного числа можно определить из выражений

$$\omega_{ik} = D + (H_{ni}^0 + (\kappa/2)H)(ctg\beta_{in} + ctg\beta'_{in}) - \omega_{i(k-1)} H_{ni}^0 (ctg\alpha + ctg\omega_{in}), \quad (6.27)$$

$$\omega'_{in} = D + \left(\frac{n+1}{2} \right) H (ctg\beta_{in} + ctg\beta'_{in}) - \omega_{i(n-1)} - (H - H_{ni}^0) (ctg\alpha + ctg\omega_{in}), \quad (6.28)$$

где H — высота отсыпаемого отвального яруса, м; $\beta_{ik}, \beta'_{ik}, \beta_{in}, \beta'_{in}$ — углы откосов группы уступов, соответствующей высоте четных и нечетных отвальных ярусов, град.

Расстояние от верхней бровки отсыпаемого отвального яруса до противоположного борта карьера определяется по формуле:

для четных ярусов

$$B_{ik} = D + (H_{ni}^0 + (\kappa/2)H)(\operatorname{ctg} \beta_{ik} + \operatorname{ctg} \beta'_{ik}) - \omega_{ik}, \quad (6.29)$$

для нечетных

$$B_{in} = D + \left(\frac{D+1}{2}\right)H(\operatorname{ctg} \beta_{in} + \operatorname{ctg} \beta'_{in}) - \omega_{in}. \quad (6.30)$$

При известных значениях B_{ik}, B_{in} протяженность фронта отвальных работ на соответствующих ярусах определяется по формуле (6.22).

Объем вскрышных пород, размещаемых на отвальных ярусах, определяется:

для четных ярусов

$$V_{ik} = \left[\left(\frac{\omega_{i(k-2)} + B_{i(k-1)}}{2} \right) (H - H_{ni}^0) + \left(\frac{B_{i(k-1)} + \omega_{ik}}{2} \right) H_{ni}^0 \right] l_{ik}, \quad (6.31)$$

для нечетных

$$V_{in} = \left[\left(\frac{\omega_{i(n-2)} + B_{i(n-1)}}{2} \right) H_{ni}^0 + \left(\frac{B_{i(n-1)} + \omega_{in}}{2} \right) (H - H_{ni}^0) \right] l_{in}. \quad (6.32)$$

Расстояние транспортирования вскрышных пород в засыпаемом карьере до отвальных ярусов (в км) определяется из выражений

$$R_{ik} = K_y \frac{H_k - [H_{ni}^0 + (\kappa/2)H]}{j} + R, \quad (6.33)$$

где $\kappa = 2, 4, 6, \dots$ — четное число ярусов;

$$R_{in} = K_y \frac{H_k - nH}{j} + R, \quad (6.34)$$

где $n = 1, 3, 5, \dots$ — нечетное число ярусов.

Себестоимость транспортирования вскрышных пород C_i до i -х отвальных ярусов определяется формулой (6.25).

Зная соответствующие себестоимости транспортирования вскрышных пород и объемы работ на ярусах, можно определить затраты на формирование четных и нечетных отвальных ярусов, руб.

$$Z_y = V_{ix} \gamma \left(R_{ik} + \frac{\omega_{ik} 0,001}{2} \right) C_{ik}, \quad (6.35)$$

$$Z_4 = V_{in} \gamma \left(R_{in} + \frac{W_{in} \cdot 0,001}{2} \right) C_{in}. \quad (6.36)$$

Длину простираения отвальных ярусов для конечного отсыпного отвального яруса (в м) определяем из выражения

$$l_{in} = 2(W_{in} + B_{in}) \arccos \left[\frac{(W_{in}^2 + 3W_{in}B_{in} + 3B_{in}^2)}{(W_{in}^2 + 4W_{in}B_{in} + 3B_{in}^2)} \right]. \quad (6.37)$$

Объем вскрышных пород, размещаемых на конечном отвальном ярусе, имеет вид

$$V_{in} = \left(\frac{W_{in} + B_{in}}{2} \right) (H - H_{ni}^0) l_{in}. \quad (6.38)$$

Затраты на формирование конечного отвального яруса находим так

$$Z_k = V_{in} \gamma \left(R + \frac{B_{in} \cdot 0,001}{2} \right) C_{in}. \quad (6.39)$$

Таким образом, зная соответствующие затраты на отвальных ярусах при i -м шаге отсыпки, суммарные затраты на засыпку отработанного карьера в рублях определяются из выражения (6.16).

В дальнейшем, изменяя местоположение предотвала, т.е. шаг отсыпки относительно дна карьера на величину $X_0 = X_i + X$ и высоту предотвала $H_{ni}^0 = H_{ni}^0 + H_y$, находим соответствующие затраты на засыпку выработанного пространства карьера по всем возможным вариантам при выполнении условий

$$X_{i0} - D, \quad (6.40)$$

$$H_{ni}^0 < H. \quad (6.41)$$

Расчет затрат при различных величинах D и H_{ni}^0 можно произвести на ЭЕМ ЕС 1045, блок-схема которого приведена на рис. 6.12.

Результаты расчета для заданных параметров засыпки отработанного карьера показывают (рис. 6.13), что выбор рационального порядка его заполнения при многоярусной засышке зависит от размеров предотвала и его местоположения относительно дна карьера. Минимальные затраты на засыпку отработанного карьера при различных вариантах формирования предотвала зависят от его высоты.

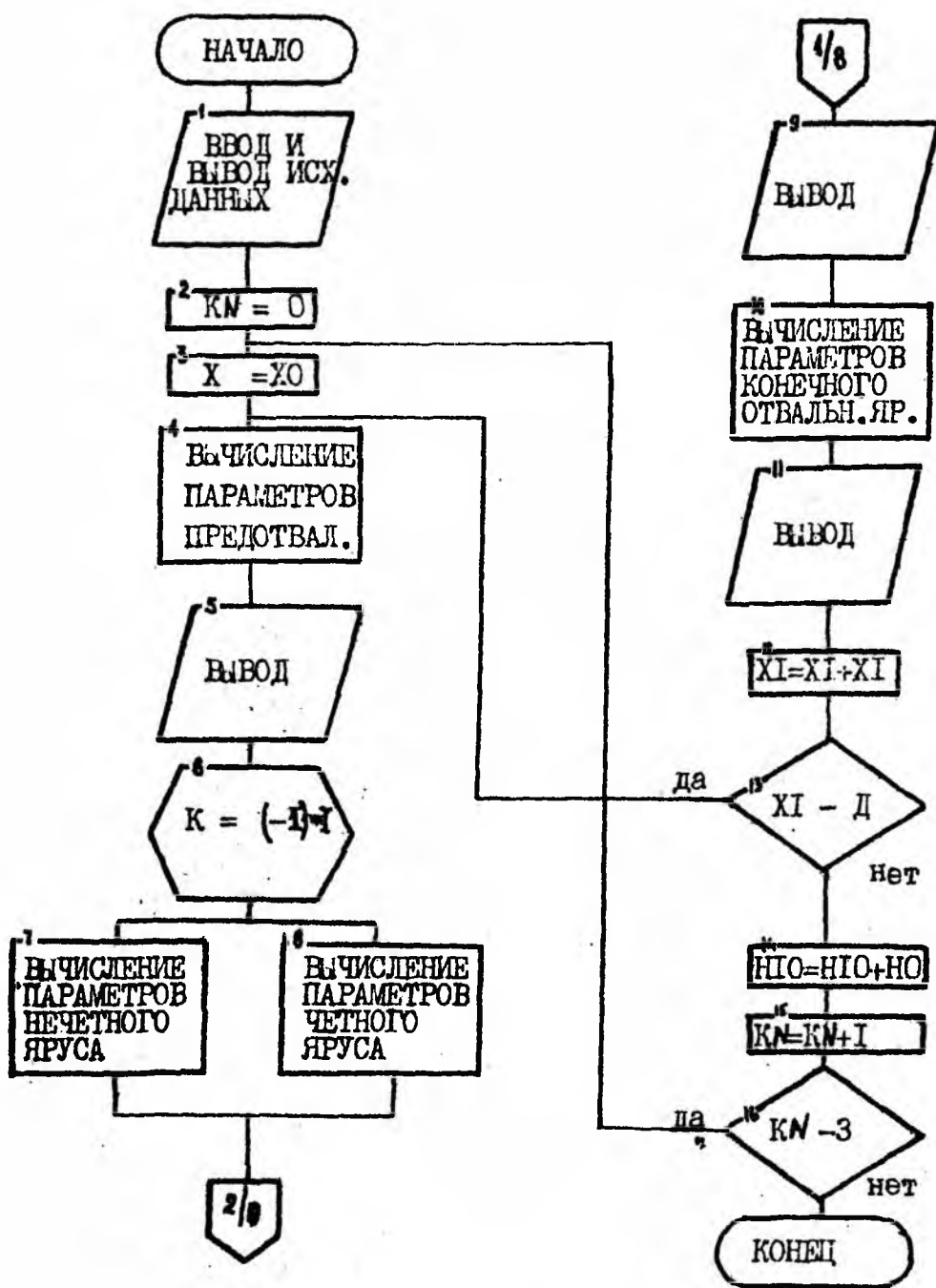


Рис. 6.12. Блок-схема расчета к выбору рационального направления заполнения отработанного карьера

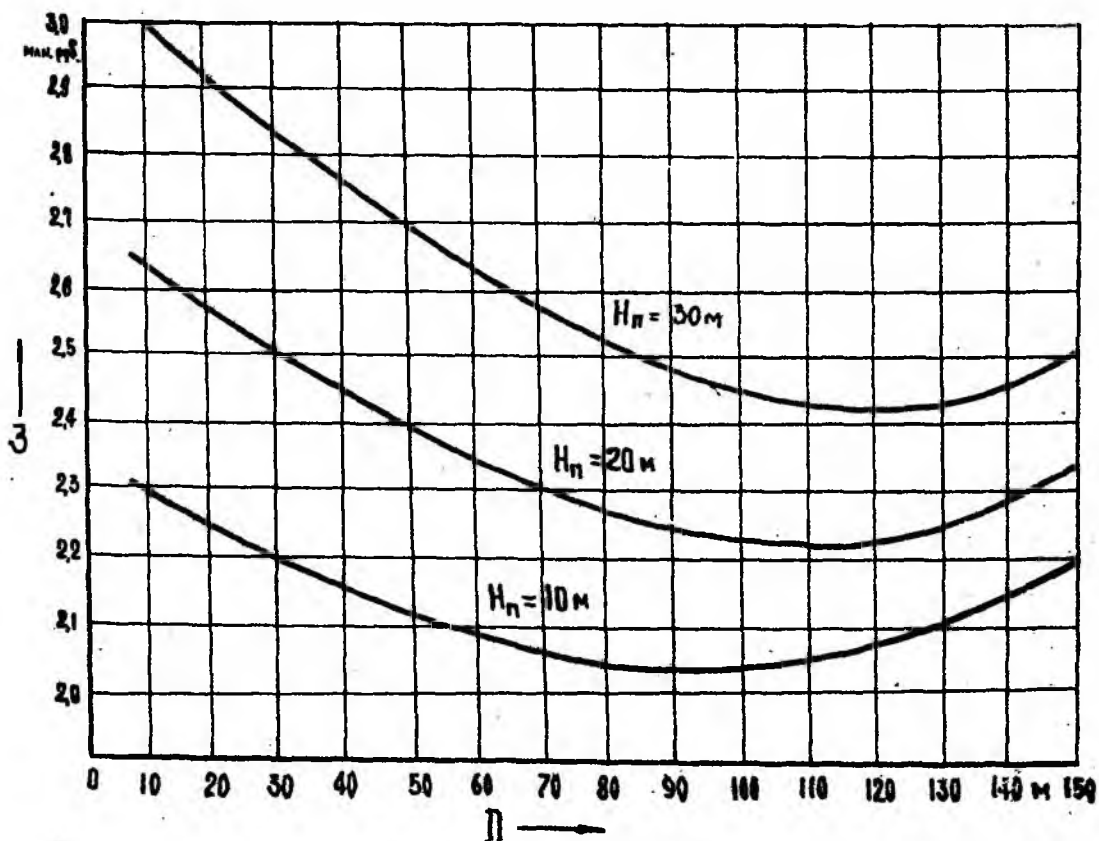


Рис. 6.13. Изменение затрат на заполнение отработанного карьера в зависимости от параметров предотвала

6.4. Влияние использования предотвала на объемы горно-планировочных работ и площади восстанавливаемых земель

Основными условиями, предопределяющими выбор технологии частичной засыпки отработанного карьера, являются площади восстанавливаемых земель и объемы работ по выколаживанию отвальных ярусов.

Удельный объем работ по выколаживанию откосов зависит не от того, используется ли для этого отвальное оборудование или специальное, а от высоты и периметра отвального яруса, принятого угла выколаживания, угла естественного откоса пород и направления перемещения вскрышных пород по откосу /35/. Кроме них, на объем горно-планировочных работ при выколаживании отвального яруса влияет наличие предотвала в выработанном пространстве

карьера. Выполаживание отвального яруса производится сверху вниз в межоткосное пространство предотвала. При этом объем горно-планировочных работ по выполаживанию откоса отвала на I м его длины определяется по формуле

$$V_{en} = \frac{K_B H^2 \sin(\alpha - \beta) P}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}, \quad (6.42)$$

где K_B – коэффициент выполаживания (при выполаживании в межоткосное пространство предотвала $K_B = 0,057-0,112$); H – высота выполаживаемого отвального яруса, м; P – периметр отвала, м; α – угол естественного откоса пород, град; β – угол откоса отвального яруса после выполаживания, град.

В результате выполаживания откоса отвального яруса при наличии предотвала объемы горно-планировочных работ снижаются по сравнению со схемой без использования предотвала (рис. 6.14) на объем призмы $ABCA^I B^I C^I$, равный

$$\Delta V = 0,5 h l_n P, \quad (6.43)$$

где h – высота призмы, м; l_n – приращение горизонтальной проекции линии откоса отвального яруса при выполаживании сверху вниз без использования предотвала, м.

Величина l_n определяется как

$$l_n = \frac{0,5 H \sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha \cdot \sin \beta}. \quad (6.44)$$

Высота призмы определяется из выражения

$$h = \frac{0,5 H \sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)}. \quad (6.45)$$

Подставляя значения (6.44) и (6.45) в выражение (6.43), получим формулу для вычисления объема работ, снижаемого в результате выполаживания откоса отвального яруса в межоткосное пространство предотвала

$$\Delta V = \frac{0,125 H^2 \sin(\alpha - \beta) P}{\sin \alpha \sin \beta (\sin \alpha + \sin \beta)}. \quad (6.46)$$

Выполненные расчеты показывают (табл. 6.1), что объемы горно-планировочных работ по выполаживанию отвальных ярусов в межоткосное пространство предотвала снижаются до 412 м³ на I м длины отвального яруса при изменении углов выполаживания от 10 до 25°

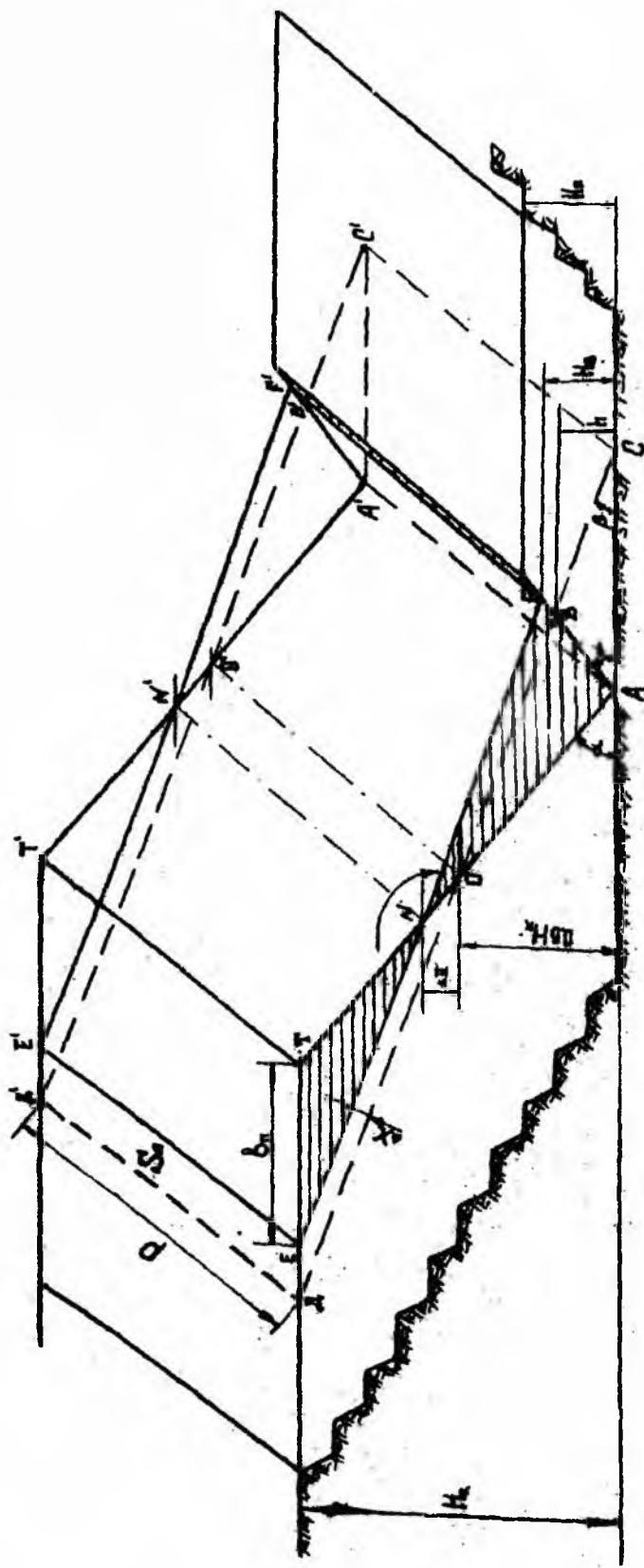


Рис. 6.14. Схема выполнения откоса отвального яруса в межъярусное пространство предотвала

Т а б л и ц а 6.1. Объемы горно-планировочных работ при выполнявании откосов отвальных ярусов

Угол ес- тествен- ного от- коса по- род, град.	Объём выполняивания откоса отвала на 1 м его длины, м ³ при высоте отвала, м															
	10				20				30				40			
	Угол выполняивания откоса отвала, град.															
	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
35	32 54	20 29	12 16	7 8	129 218	84 121	52 68	31 37	290 492	189 273	117 154	70 84	516 375	336 485	208 273	123 140
37	33 56	21 31	13 17	8 9	131 225	85 123	54 73	33 40	295 506	192 277	123 163	76 90	525 900	341 493	219 290	135 160
40	34 63	23 33	15 20	10 12	138 250	91 132	61 81	39 48	312 562	205 297	139 182	88 108	555 1000	365 528	247 324	153 193
43	35 65	24 34	16 21	11 13	140 252	93 136	66 85	45 54	315 565	210 305	149 190	100 120	558 1010	374 541	265 339	179 214

В числителе приведены данные при выполнянии с использованием предотвала, в знаменателе - без использования предотвала.

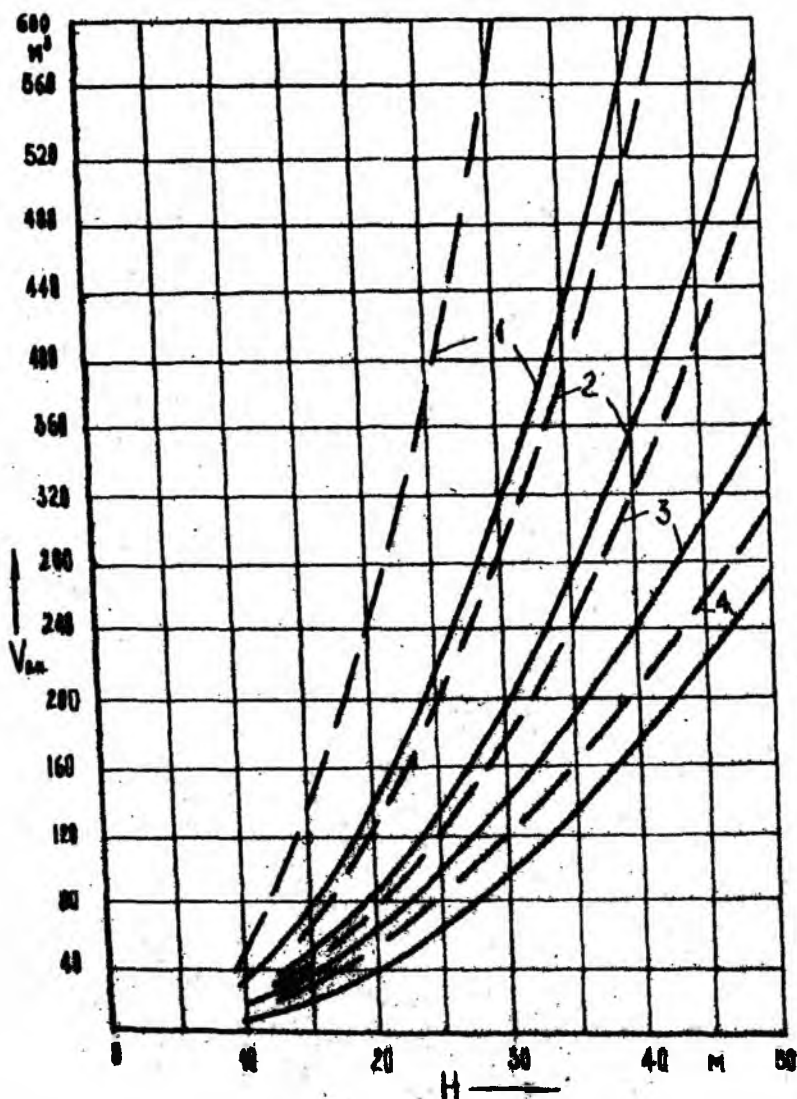


Рис. 6.15. График зависимости объема $V_{в.п.}$ работ на 1 м длины при выколаживании откоса отвала от высоты отвального яруса H : при выколаживании с использованием предотвала и без него: 1, 2, 3, 4 — соответственно при угле выколаживания $10, 15, 20, 25^\circ$

и отвального откоса пород от 35 до 43° . На рисунках 6.15, 6.16 показаны зависимости объемов работ по выколаживанию от высоты отвального яруса, углов естественного откоса пород и выколаживания. Как видно из графиков, в рассмотренном диапазоне изменения высоты отвального яруса и угла α с увеличением их значений объемы выколаживания возрастают, а с увеличением β — снижаются.

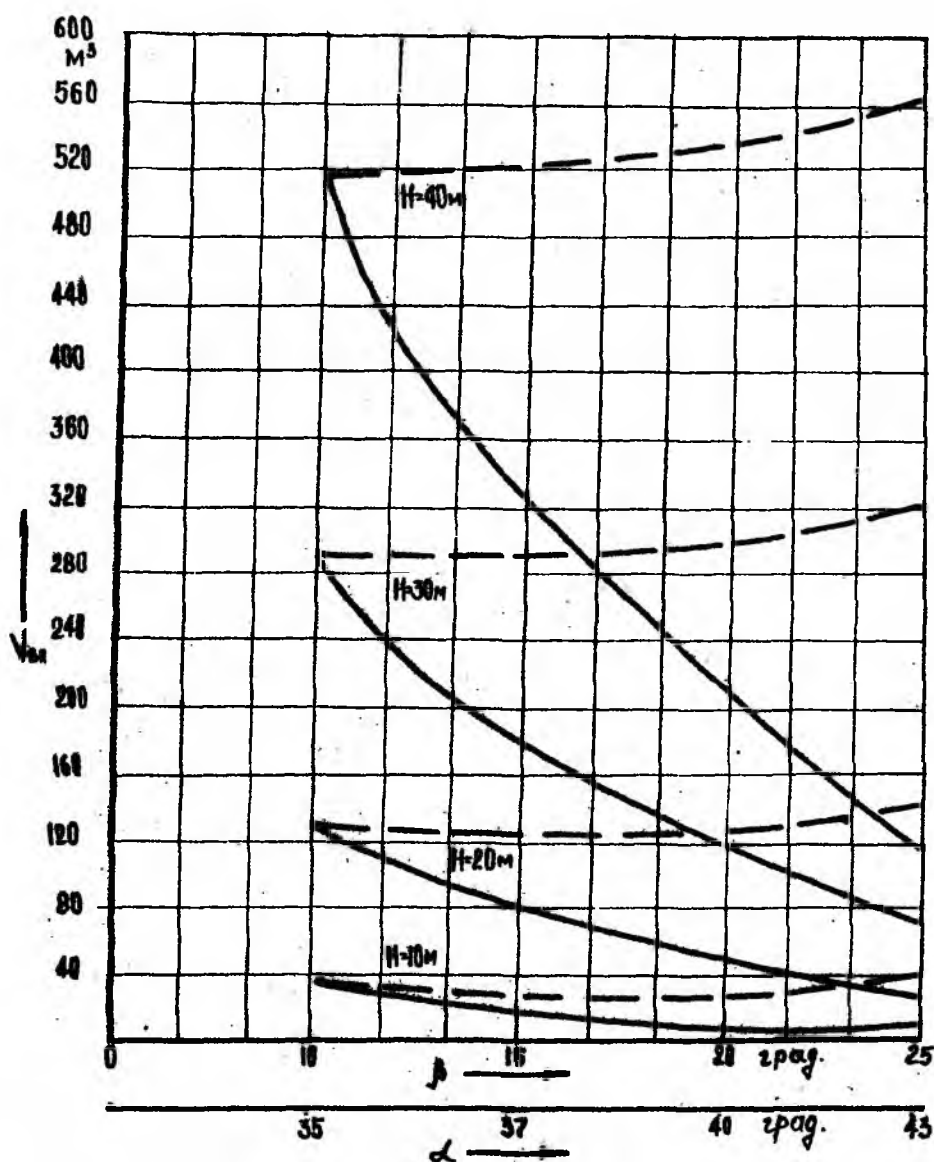


Рис. 6.16. Зависимость объема горно-планировочных работ от углов выполаживания и естественного откоса пород

Одним из основных условий при частичной засыпке карьера с использованием предотвала является наличие межоткосного пространства определенной высоты, на которую производится выполаживание откоса отвального яруса. Согласно рис. 6.14, высота межоткосного пространства определяется выражением

$$H_0 = h + \Delta x \sin \alpha, \quad (6.47)$$

где ΔX - приращение откосной поверхности отвального яруса при выполаживании с предотвалом, м.

Величина приращения определяется

$$\Delta X = \frac{0,125 H^2 \sin^2(\alpha - \beta)}{(H - h) \sin(\alpha + \beta) \sin \alpha} \quad (6.48)$$

Подставляя значения (6.45) в выражение (6.48) и сделав некоторые преобразования, получим

$$\Delta X = \frac{0,125 H \sin^2(\alpha - \beta)}{(0,5 \sin \alpha \cos \beta + 1,5 \cos \alpha \sin \beta) \sin \alpha} \quad (6.49)$$

Подставляя значения (6.45) и (6.49) в (6.47); получим формулу для определения оптимальной высоты межоткосного пространства предотвала, при котором обеспечивается минимальный объем горно-планировочных работ

$$H_0 = \frac{0,5 H \sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta)} + \frac{0,25 H \sin^2(\alpha - \beta)}{(\sin \alpha \cos \beta + 3 \cos \alpha \sin \beta) \sin \alpha} \quad (6.50)$$

В табл. 6.2. приведены расчетные данные высоты межоткосного пространства предотвала при изменении углов естественного откоса пород от 35° до 43° и выполаживания от 10° до 25° .

Результаты расчета показывают, что оптимальная высота межоткосного пространства предотвала зависит от высоты овального яруса, углов естественного откоса и выполаживания. Как видно из рис. 6.17, с увеличением высоты отвального яруса и угла естественного откоса пород величина оптимальной высоты межоткосного пространства предотвала возрастает, а с увеличением угла выполаживания - снижается.

При недостаточных объемах вскрышных пород для полного заполнения карьера производится его частичная засыпка. При этом эффективность восстановления определяется параметрами отработанного карьера, объемами складировемых вскрышных пород и применяемой технологией засыпки.

Рассмотрим влияние параметров предотвала на площади восстанавливаемых земель. Как уже отмечалось, при выполаживании отвального яруса в межоткосное пространство значительно снижаются объемы планировочных работ по сравнению с существующими способами, в результате чего откосная часть поверхности отвального яруса увеличивается на некоторую величину ΔX (см. рис.

Т а б л и ц а 6.2. Расчет высоты межоткосного пространства подотвала

Угол естественного откоса по- род, град	Рациональная высота межоткосного пространства подотвала с учетом выполнения при глубине карьера, м											
	10			20			30			40		
	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
Угол выполнения отвального яруса, град												
10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25	10

35	3,45	2,50	1,70	1,02	6,90	5,00	3,40	2,06	10,3	7,50	5,11	3,11	13,8	10,0	6,82	4,14
37	3,57	2,66	1,90	1,20	7,15	5,33	3,80	2,40	10,7	8,00	5,70	3,60	14,3	10,6	7,60	4,97
40	3,89	2,93	2,17	1,53	7,79	5,90	4,35	3,00	11,6	8,80	6,54	4,62	15,6	11,7	8,72	6,15
43	4,11	3,20	2,45	1,77	8,25	6,43	6,92	3,55	12,3	9,64	7,38	5,32	16,5	12,8	9,83	7,10

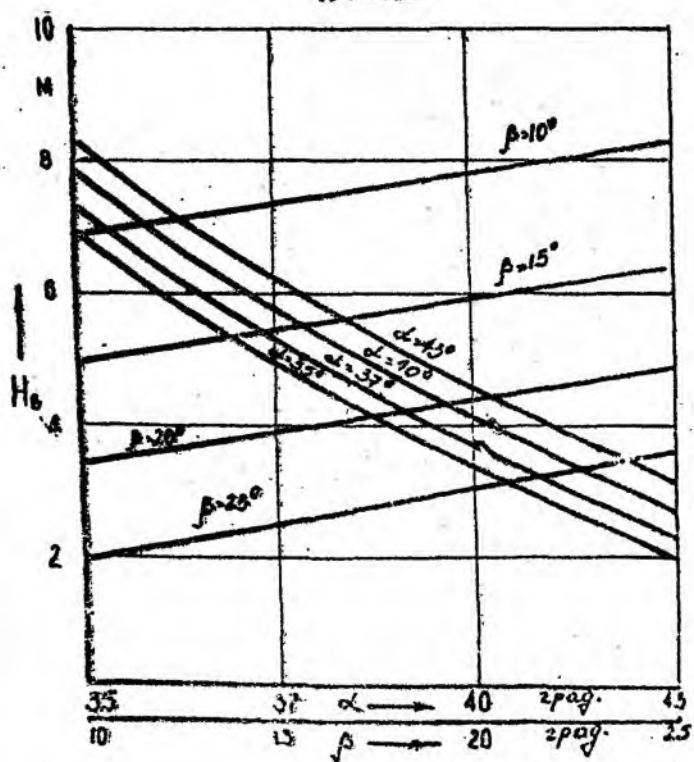
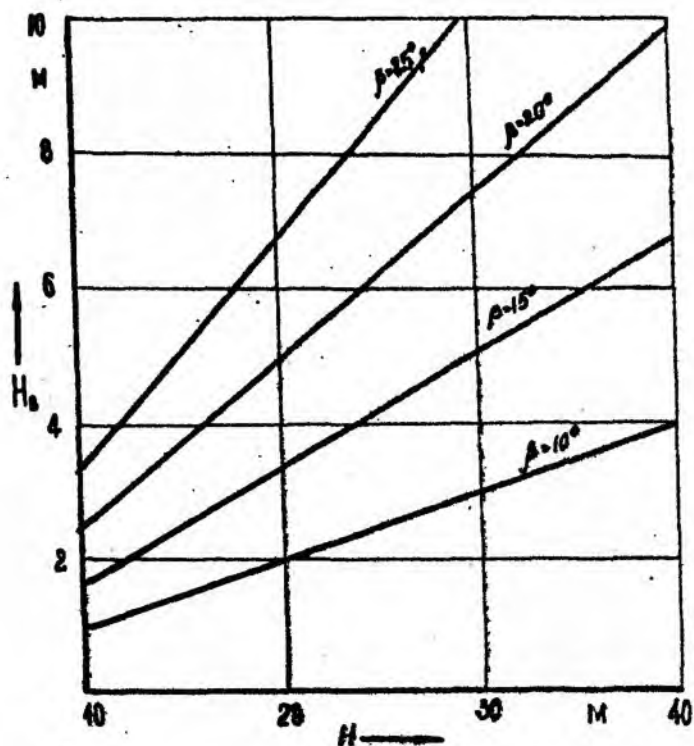


Рис. 6.17. Изменение высоты межъярусного пространства карьера в зависимости от высоты выполняемого отвального яруса

6.14), которая дает дополнительное приращение площади восстанавливаемых земель (в га)

$$\Delta S = \frac{\Delta X P 10^{-4}}{\sin \beta}, \quad (6.51)$$

где ΔX - приращение откосной поверхности отвального яруса при выколаживании, м.

$$\Delta X = \frac{0,25 V_{\text{от}} \sin(\alpha - \beta) \sin \beta}{H_k K_k P (\sin \alpha \cos \beta + 3 \cos \alpha \sin \beta)}. \quad (6.52)$$

Подставив значения приращения боковой поверхности отвального яруса в выражение (6.51) и сделав некоторые преобразования, получим формулу для определения дополнительной площади восстанавливаемых земель (в га)

$$\Delta S = \frac{0,25 V_{\text{от}} \sin(\alpha - \beta) 10^{-4}}{H_k K_k (\sin \alpha \cos \beta + 3 \cos \alpha \sin \beta)}. \quad (6.53)$$

Общая площадь восстанавливаемых земель (в га) при частичной засыпке отработанного карьера определяется выражением

$$S_{\text{с}} = \frac{2 V_{\text{г.м}} [L_0 - H_k (\operatorname{ctg} \beta + \operatorname{ctg} \gamma)] 10^{-4}}{2 L_0 H_k - H_k^2 (\operatorname{ctg} \beta - \operatorname{ctg} \gamma)}, \quad (6.54)$$

где $V_{\text{г.м}}$ - объем отсыпанных вскрышных пород в контуре карьера, м³; L_0 - ширина основания отвального яруса, м.

В табл. 6.3 приведены значения дополнительной площади восстанавливаемых земель при частичной засыпке карьера с использованием предотвала. Графическая зависимость дополнительной площади восстанавливаемых земель от высоты засыпаемого карьера, углов выколаживания и естественного откоса пород показана на рис. 6.18. При этом с увеличением высоты отвального яруса и угла естественного откоса пород площади восстанавливаемых земель возрастают, а с увеличением угла выколаживания значения ΔS уменьшаются.

Таким образом, использование предотвала при засыпке отработанного карьера позволяет уменьшить объемы горно-планировочных работ и увеличить восстанавливаемые площади земель. Предлагаемая технология частичной засыпки отработанных карьеров позволяет снизить объемы горно-планировочных работ по выколаживанию на 10-40% и восстановить дополнительно 3-4 га рекульти-

Т а б л и ц а 6.3. Дополнительная площадь при частичной засыпке карьера

Угол есте- ственного откоса пород, α , град	Дополнительная площадь восстанавливаемых земель, м ² при частичной засыпке карьера на 1 км его длины, при высоте отвального яруса, м											
	10				20				30			
	Угол выполаживания отвального яруса, град											
	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
I	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
35	4580	1660	616	201	9130	3330	1230	400	13770	5000	1850	604
37	4980	1900	757	275	9970	3810	1510	551	14960	5710	2270	827
40	5570	2240	965	397	11150	4490	1931	794	16720	6700	2890	1190
43	6350	2570	1180	539	12110	5140	2360	1070	18170	7720	3550	1610

Окончание табл. 6.3

Угол естественного откоса пород, град	Дополнительная площадь восстанавливаемых земель, м ² при частичной засыпке карьера на 1 км его длины, при высоте отвального яруса, м											
	40				50							
	Угол выполаживания отвального яруса, град											
	10	15	20	25	10	15	20	25	10	15	20	25
I	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
35	18370	6670	2470	806	22940	8330	3090	1000				
37	19940	7620	3030	1100	24930	9520	3780	1370				
40	22300	8950	3860	1580	27870	11220	4820	1980				
43	24280	10290	4730	2150	30290	12870	5920	2690				

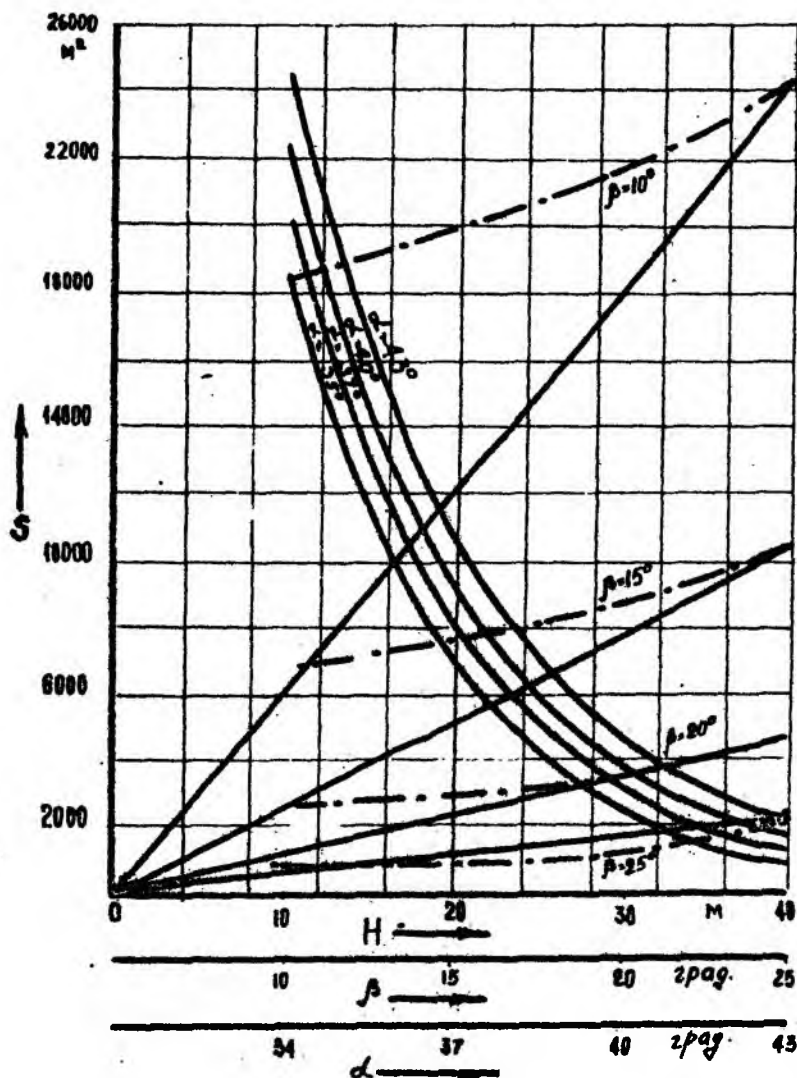


Рис. 6.18. Зависимость дополнительной площади восстанавливаемых земель от высоты отвального яруса и углов естественного откоса пород и выполаживания

вируемых земель на 1 км длины засыпаемого карьера при изменении углов выполаживания от 10° до 25° и естественного откоса пород от 35° до 43° .

6.5. Установление величины коэффициента выколаживания при проведении горно-планировочных работ

Частичная засыпка отработанных карьеров связана с выполнением работ по выколаживанию откосов отвальных ярусов. При проведении горно-планировочных работ на объем выколаживания влияет в основном способ перемещения вскрышных пород по отвальному ярусу, который учитывается коэффициентом выколаживания K_B .

В результате выколаживания откоса отвального яруса сверху вниз при отсутствии предотвала можно использовать значения коэффициента выколаживания $K_B = 0,125$ [13]. Для расчета объемов планировочных работ при наличии предотвала использование значения коэффициента выколаживания $K_B = 0,125$ может привести к ошибочным результатам.

Рассмотрим изменение значения коэффициента K_B при выколаживании откоса отвального яруса в межоткосное пространство предотвала (рис. 6.19).

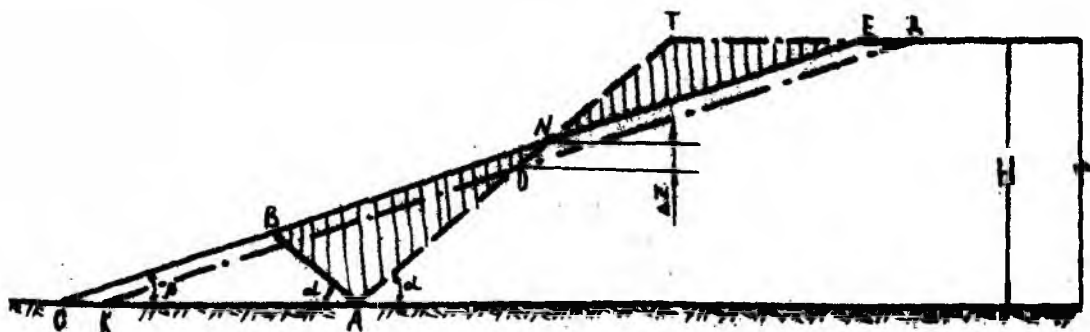


Рис. 6.19. Схема к расчету определения коэффициента выколаживания

На объем горно-планировочных работ при выколаживании влияет в основном способ перемещения вскрышных пород по отвальному ярусу. При этом значение коэффициента выколаживания K_B в зависимости от положения линии пересечения плоскостей откосов отвального яруса до и после выколаживания будет различным. Так, при выколаживании отвального яруса сверху вниз коэффициент выколаживания $K_B = 0,125$ и линия пересечения плоскостей откосов отвального яру-

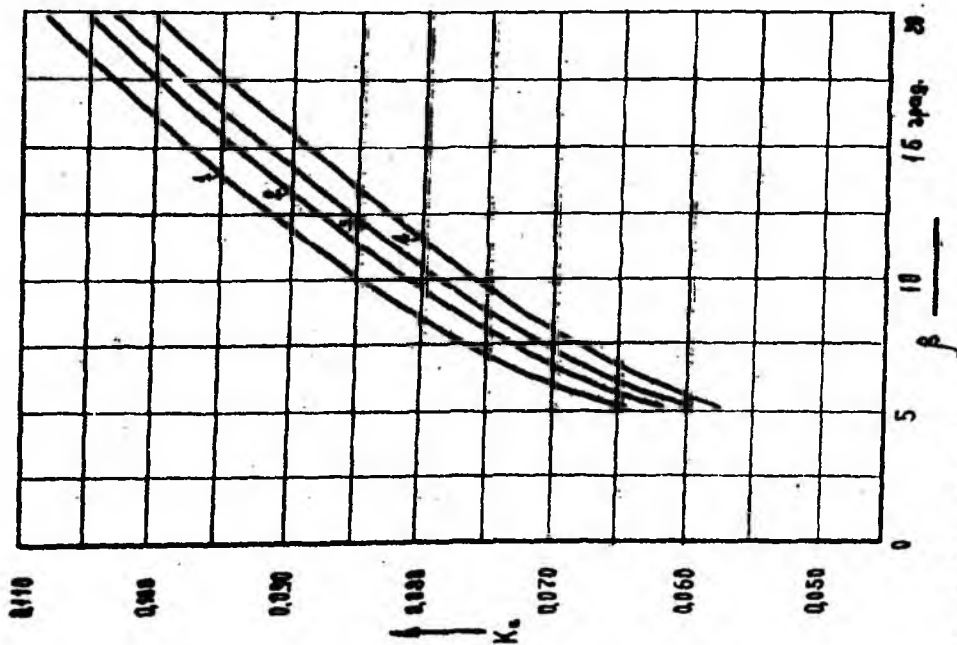


Рис. 6.20. Зависимость коэффициента выполнения откоса отвалного яруса от требуемого угла биологической рекультивации: 1, 2, 3, 4 — соответственно при угле естественного откоса пород 35, 37, 40 и 43

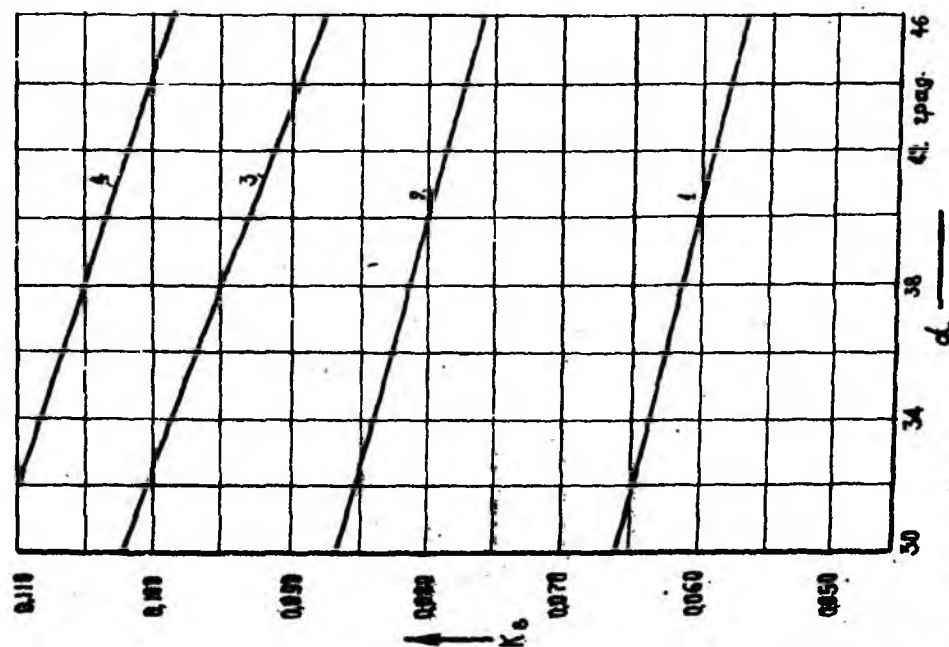


Рис. 6.21. Зависимость коэффициента выполнения откоса отвалного яруса K_0 от угла естественного откоса пород: 1, 2, 3, 4 — соответственно при углах выполнения 5, 10, 15 и 20

са до и после выполаживания будут проходить на одинаковом расстоянии от его верхней и нижней бровок. Если линия пересечения плоскостей откосов отвального яруса до и после выполаживания будет расположена ближе к его нижней или верхней бровке, то значения коэффициента выполаживания соответственно будут достигать максимума и минимума.

При выполаживании отвального яруса в межоткосное пространство предотвала линия пересечения плоскостей откосов отвального яруса до и после выполаживания будет смещена по сравнению со схемой без использования предотвала на величину ΔZ , которая определяется как

$$\Delta Z = \frac{0,125 H \sin(\alpha - \beta)}{\sin(\alpha + \beta) - 0,5 \sin(\alpha - \beta)}, \quad (6.55)$$

где H — высота выполаживаемого отвального яруса, м; α, β — соответственно углы естественного откоса пород и выполаживания откоса, град.

Высота от верхней бровки отвального яруса до линии пересечения плоскостей его откосов до и после выполаживания определяется из выражения

$$C = H/2 - \Delta Z. \quad (6.56)$$

Отсюда коэффициент выполаживания представляет собой отношение

$$K_v = 0,5 (C/H)^2. \quad (6.57)$$

Численные значения коэффициента выполаживания K_v приведены в табл. 6.4.

Как видно из табл. 6.4, в рассмотренном диапазоне изменения углов естественного откоса пород и выполаживания значения коэффициента K_v варьируют в пределах 0,057–0,112. При увеличении угла выполаживания (рис. 6.20) значение коэффициента выполаживания возрастает, а с увеличением угла естественного откоса пород (рис. 6.21) снижается.

Таким образом, объемы горно-планировочных работ при выполаживании отвального яруса в межоткосное пространство предотвала устанавливаются с учетом изменения значения коэффициента выполаживания, определяемого технологией засыпки отработанного карьера.

Т а б л и ц а 6.4. Значения коэффициента выполаживания K_B при использовании предотвала

Угол естественного откоса пород, град	Угол выполаживания откоса отвального яруса, град			
	5	10	15	20
30	0,0666	0,0882	0,102	0,112
32	0,0651	0,0861	0,100	0,110
34	0,0633	0,0843	0,098	0,108
36	0,0626	0,0827	0,096	0,106
38	0,0612	0,0812	0,095	0,105
40	0,0600	0,080	0,093	0,104
42	0,059	0,078	0,091	0,102
44	0,058	0,077	0,090	0,100
46	0,057	0,076	0,089	0,099

6.6. Использование выработанного пространства карьера для размещения вскрышных пород при разработке вытянутых залежей

Открытая разработка бокситовых месторождений связана с нарушением значительных земельных площадей. Увеличение размеров нарушенных земель в основном наблюдается при углубочных системах разработки. Это объясняется тем, что при применении данной системы размещение вскрышных пород осуществляется во внешних отвалах. Одно из основных требований рационального землепользования на открытых разработках – минимальный расход земель на единицу добываемого минерального сырья. В этой связи совершенствование технологии открытой добычи полезных ископаемых в целях рационального использования земельных ресурсов приобретает особую актуальность. При этом технология вскрышных и добычных работ в карьере должна предусматривать их выполнение с наименьшими затратами и размерами земель, отводимых под горные работы.

При применении углубочных систем открытой разработки одним из трудных вопросов является уменьшение изъятия земельных площадей под складирование вскрыши. Так, в большинстве бокситовых карьеров Казахстана применяется углубочная продольная двухборто-

вая система разработки с внешним, а иногда, при доработке карьера, с внутренним расположением отвалов. Расположение фронта горных работ вдоль длинной оси карьерного поля при значительном коэффициенте вскрыши снижает эффективность разработки месторождения. Это обусловлено тем, что в период отработки узких вытянутых залежей используется выработанное пространство карьера из-за отсутствия площадей для размещения вскрышных пород. Вследствие этого основной объем вскрыши удаляется за пределы карьера с шагающими экскаваторами и экскаваторно-автомобильными комплексами.

Основным критерием рационального землепользования может служить минимальный расход земельных ресурсов на единицу добытого минерального сырья

$$(S_k + S_o) / Q_{нч} \rightarrow \min, \quad (6.58)$$

где S_k - площадь, отводимая под карьерные выемки, m^2 ; S_o - площадь, отводимая под внешние отвалы, m^2 ; $Q_{нч}$ - общий объем добываемого полезного ископаемого из карьера, т.

При разработке конкретного месторождения полезных ископаемых должно соблюдаться условие

$$S_k + S_o \rightarrow \min. \quad (6.59)$$

Установление точных границ карьера связано с определением оптимальных углов откосов бортов карьеров. По значениям углов откосов и размерам разрабатываемых залежей находится площадь карьера. В этой связи можно принять, что при правильно установленных параметрах площадь, отводимая под карьер, постоянна. При рациональных параметрах отвала его площадь для размещения определенного объема вскрыши также постоянна. При этих условиях возникает задача, каким образом уменьшить размер земель, отводимых под горные работы. Решение данной задачи требует рассмотрения направления развития горных работ в карьере и его углубки.

Применение углубочной продольной двухбортной системы разработки с внешним отвалообразованием в условиях бокситовых карьеров имеет ряд существенных недостатков: значительны сроки подготовки новых горизонтов; невозможность увеличения размеров рабочих площадок; большой объем траншейных работ, что снижает про-

изводительность горно-транспортного оборудования; ограниченный размер рабочей зоны вкрест простирания залежи, что создает неблагоприятные условия для нормальной эксплуатации горно-транспортного оборудования.

Анализ изменения рабочей зоны карьера при углубочных продольных двухбортных системах разработки показывает, что до его полной отработки совершенно исключается применение внутреннего отвалообразования. Транспортирование всего объема вскрышных пород за пределы карьера требует значительных трудозатрат и земельных площадей для их размещения, что снижает эффективность горных работ и использования земель.

Рассмотрим применение для разработки вытянутых залежей углубочно-сплошной продольно-поперечной однобортной системы с внешним и внутренним отвалообразованием. При данной комбинированной системе разработки удаление вскрышных пород из первого вскрышного уступа осуществляется лагющими экскаваторами в прибортовые внешние отвалы. Расположение заходов и последовательность их разработки принимаются согласно схеме (рис.6.22). При раскройке карьерного поля учитывается расположение вскрывающей выработки. Особенностью раскройки карьерного поля является то, что торцевая часть карьера разрабатывается с поперечным расположением заходов. При удалении вскрыши в районе расположения внешней капитальной траншеи драглайнами на всю ширину карьера создается возможность вскрытия нижележащих горизонтов с применением экскаваторно-автомобильных комплексов с непрерывной углубкой карьера. В дальнейшем при отработке верхнего вскрышного уступа заходки для драглайна располагаются вдоль длинной оси карьерного поля.

Отработка нижних горизонтов осуществляется экскаваторно-автомобильными комплексами с поперечным расположением фронта горных работ (рис.6.23).

Возможность организации расположения фронта горных работ вдоль короткой оси карьерного поля создает условия для концентрации производства выемочно-погрузочных и транспортных работ в карьере. При этом ширина рабочих площадок принимается исходя из обеспечения нормальной эксплуатации горного оборудования. Поперечное расположение фронта горных работ при разработке уз-

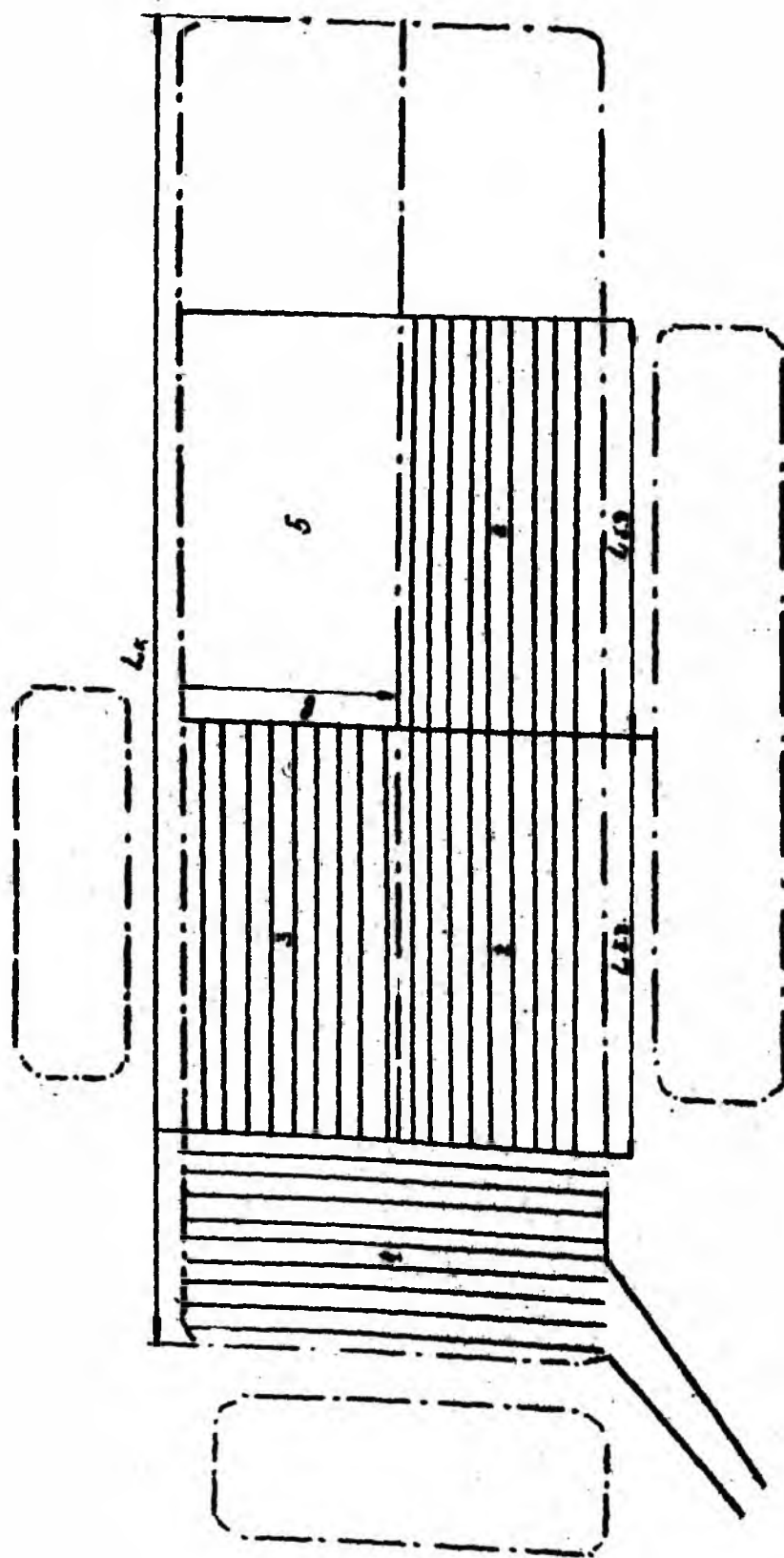


Рис. 6.22. Схема расположения заходок драглайна и последовательность отработки блоков

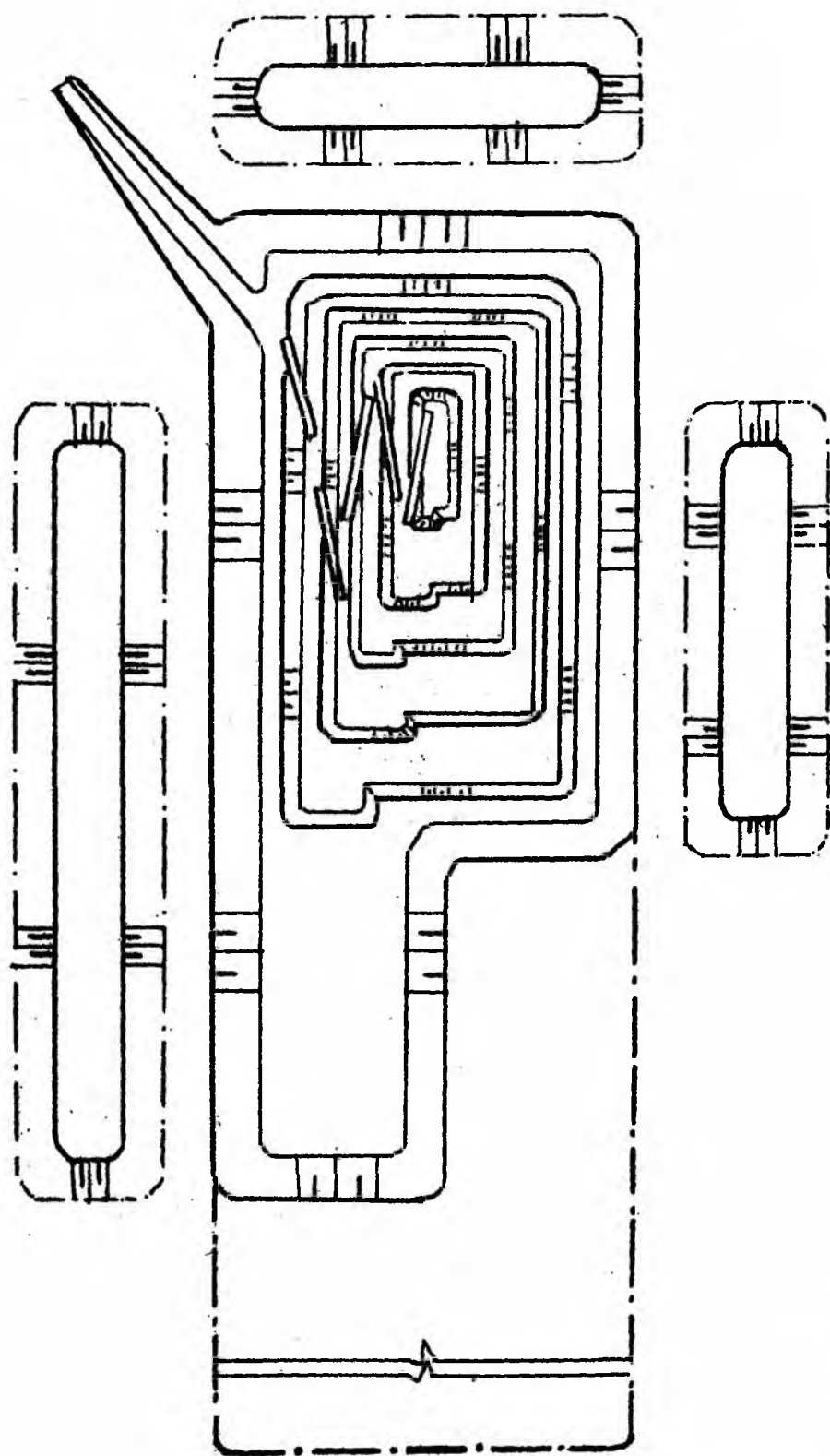


Рис. 6.23. Схема развития фронта горных работ экскаваторно-автомобильного комплекса

ких вытянутых залежей с равномерным его подвиганием позволяет эффективно использовать выработанное пространство карьера для размещения в нем пород вскрыши. Такая возможность появляется после отработки части карьерного поля с вывозкой вскрышных пород во внешние отвалы.

Предлагаемая углубочно-сплошная продольно-поперечная система обладает следующими основными достоинствами по сравнению с углубочными системами, применяемыми на бокситовых карьерах: значительно снижается текущий коэффициент вскрыши; объем вскрышных работ более равномерно распределяется по годам работы карьера; уменьшается объем горно-капитальных работ в период строительства карьера; эффективнее ведется селективная выемка руды при наклонных и пологих контактах и появляются большие возможности для усреднения руд в масштабах карьера; предотвращается заваливание дороги на уступах при взрывных работах, так как развал горной массы направлен в торец уступа.

Для каждого конкретного карьера существует определенная длина выработанного пространства (рис. 6.24), при достижении которой возможно размещение в нем вскрышных пород. Минимальная длина выработанного пространства вдоль длинной оси карьерного поля по поверхности, определяющая начало засыпки, находится по формуле

$$L_{min} = L_{n.min} + H_k (\operatorname{ctg} \delta_n + \operatorname{ctg} \delta_p), \quad (6.60)$$

где $L_{n.min}$ — минимальная длина подошвы карьера, м; H_k — проектная глубина карьера, м; δ_n — угол откоса нерабочего борта карьера, град; δ_p — угол откоса рабочего борта карьера, град.

Минимальная длина подошвы карьера устанавливается исходя из обеспечения нормальной рабочей площадки для ведения горных работ на нижнем уступе и отсыпки вскрыши в выработанном пространстве карьера

$$L_{n.min} = \Pi_{p.p} + c, \quad (6.61)$$

где $\Pi_{p.p}$ — ширина рабочей площадки, м; c — полоса безопасности между рабочей площадкой и нижней бровкой внутреннего отвала, м.

При глубине карьера 70–130 м, увеличении угла откоса нера-

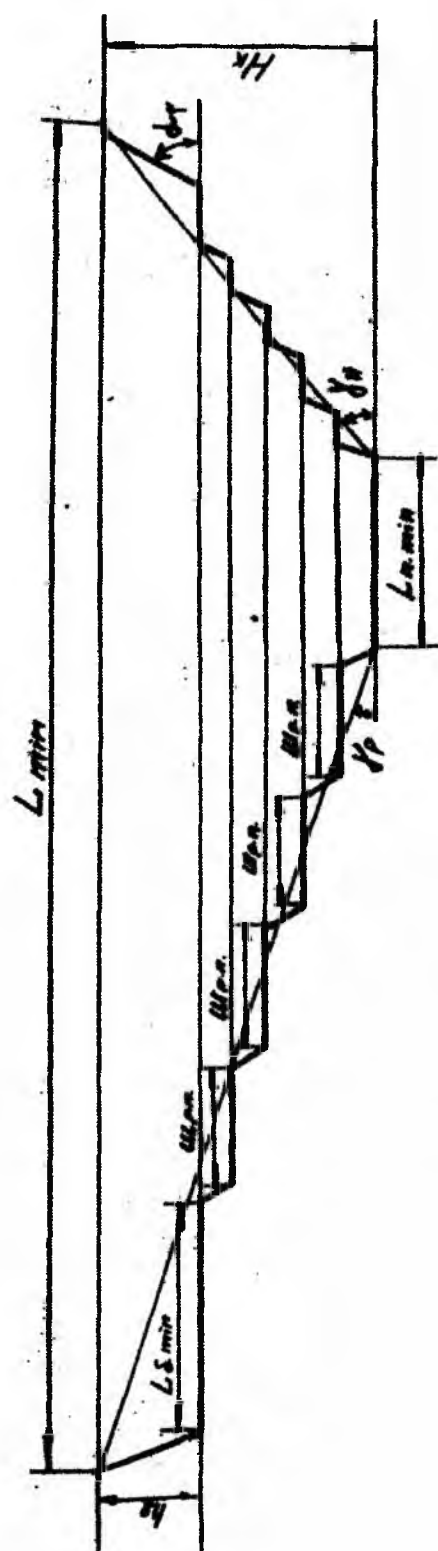


Рис. 6.24. Схема определения минимальной длины выработанного пространства карьера

бочего борта карьера от 25° до 37° , а рабочего от 9° до 17° , минимальной длине подошвы карьера 50–90 м минимальная длина выработанного пространства карьера на уровне дневной поверхности, достижение которой позволяет размещать в нем вскрышные породы, изменяется от 372 до 1190 м (рис.6.25).

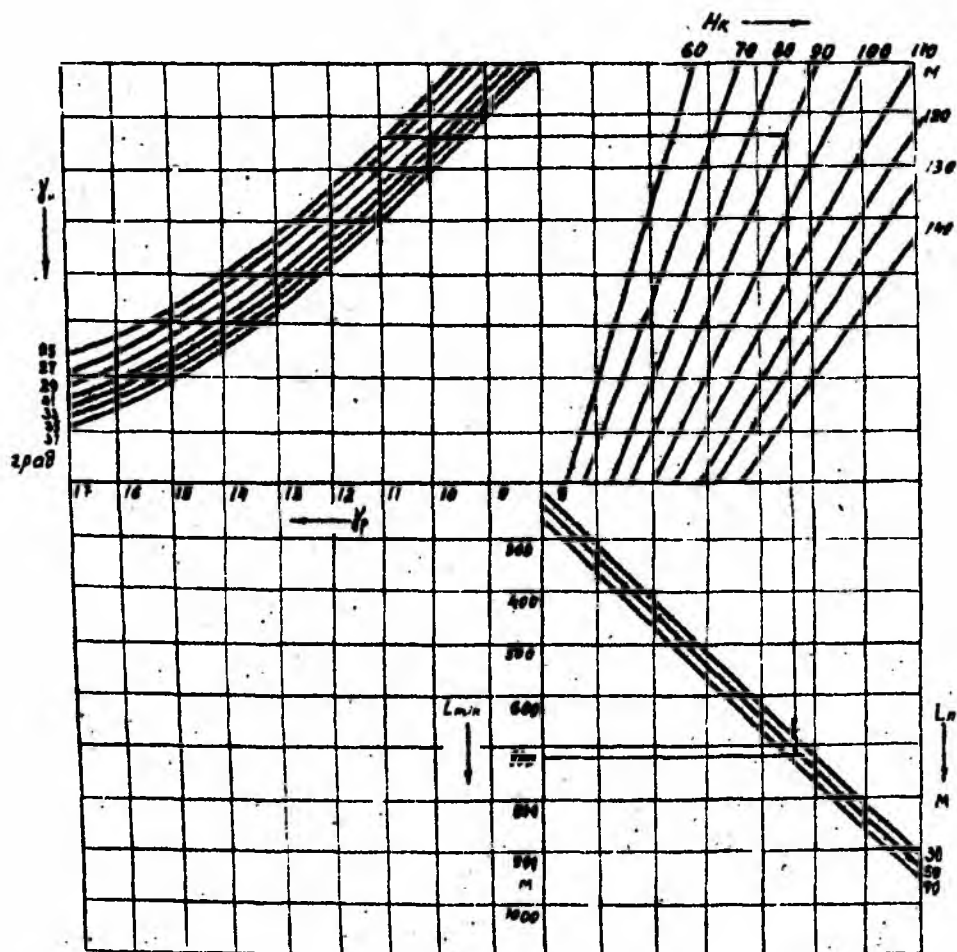


Рис. 6.25. График для установления минимальной длины выработанного пространства

Сущность предлагаемой углубочно-сплошной продольно-поперечной однобортной системы при разработке узких вытянутых залежей заключается в развитии горных работ с непрерывной углубкой карьера и равномерном подвигании фронта горных работ всеми уступами при достижении проектной подошвы карьера. Применение данной комбинированной системы в этих условиях имеет некоторые преимущества по сравнению с существующей углубочной продольной двухбортной системой разработки: значительный объем вскрышных пород размещается в выработанном пространстве карьера, что позволяет уменьшить расстояние транспортирования вскрыши при его доработке; сокращается средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород во внешние отвалы; отпадает необходимость отвода дополнительных земельных площадей для складирования вскрыши во внешних отвалах; создаются благоприятные условия для увеличения размеров рабочих площадок; уменьшается объем траншейных работ при подготовке нового горизонта.

Ведение вскрышных и добычных работ в карьере, а также складирование вскрыши в выработанном пространстве требуют взаимовязывания скорости подвигания нижнего вскрышного уступа и фронта отсыпки пород.

При ведении горных работ по комбинированной системе при минимальной длине карьера L_{min} появляется возможность размещения вскрышных пород в выработанном пространстве на длину

$$\Delta L_n = H_k (\operatorname{ctg} \gamma_{p.o.} - \operatorname{ctg} \gamma_n), \quad (6.62)$$

где $\gamma_{p.o.}$ — результирующий угол откоса внутреннего отвала, град.

Объем размещаемых вскрышных пород в выработанном пространстве карьера при его минимальной длине с достаточной точностью определяется по формуле

$$V_{min} = \frac{H_k^2}{2} (\operatorname{ctg} \gamma_{p.o.} - \operatorname{ctg} \gamma_n) \left(\frac{B_k + B_d}{2} \right), \quad (6.63)$$

где B_k — ширина карьера на уровне дневной поверхности, м; B_d — ширина дна карьера, м.

При минимальной длине карьера L_{min} , его глубине 70–130 м, увеличении результирующего угла откоса внутреннего отвала от II до 18° , а угла нерабочего борта от 25° до 37° длина заполняемого выработанного пространства карьера вскрышными породами составляет 65–496 м (рис. 6.26а).

Длину экскаваторного блока при удалении вскрышных пород драглайнами в прибортовые внешние отвалы предлагается установить по формуле

$$L_{сз} = n h_{уст} \operatorname{ctg} \alpha_p + \text{Ш}_{р.п} (n-1), \quad (6.64)$$

где n - число уступов, разрабатываемых мехлопатой; $h_{уст}$ - высота уступа, разрабатываемого мехлопатой, м; α_p - угол откоса рабочего уступа, град; $\text{Ш}_{р.п}$ - ширина рабочей площадки, м.

При числе уступов в карьере, разрабатываемых мехлопатой, 3-10, высоте уступа 10-15 м, увеличением угла откоса рабочего уступа от 60 до 80° и ширине рабочей площадки 30-50 м рациональная длина экскаваторного блока шагающих драглайнов изменяется от 65 до 357 м (рис. 6.27).

При установлении рациональной длины экскаваторного блока достигается планомерная углубка нижележащих горизонтов, отрабатываемых с использованием экскаваторно-автомобильных комплексов. Вскрытие новых горизонтов первоначально осуществляется временными полутраншеями. По мере подвигания фронта горных работ необходимо создание поступательных съездов для обеспечения грузо-транспортной связи забоев с поверхностными сооружениями.

Переход на комбинированную систему разработки существующих карьеров, эксплуатируемых углубочной продольной двухбортной системой, осуществляется следующим образом. Производится углубка карьера с его торца. При постановке откоса борта карьера в проектное положение и достижении его дна создаются благоприятные условия для использования выработанного пространства для размещения вскрыши. При размещении вскрышных пород в выработанном пространстве карьера уменьшается объем работ по очистке предохранительных берм по карьеру, появляется возможность поддержания устойчивого состояния откосов бортов карьеров. При интенсивном подвигании фронта горных работ в карьере, при выборе углов откосов бортов следует ориентироваться на временную устойчивость, что позволит увеличить угол откоса борта карьера в районе его засыпки.

Ширина разрабатываемой драглайнами полосы вскрыши, удаляемой в прибортовые отвалы, обычно составляет

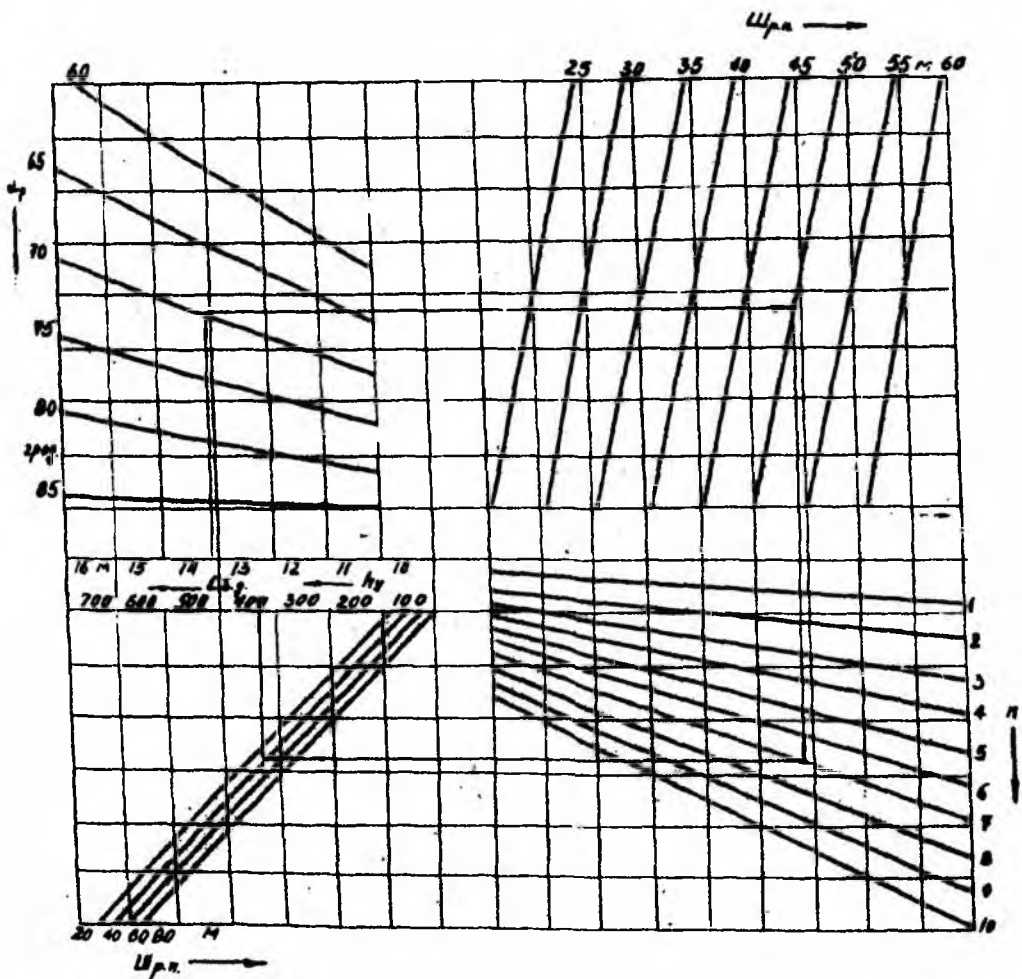


Рис.6.27. График для установления рациональной длины экскаваторного блока

$$b = 0,5 B_K, \quad (6.65)$$

где B_K — ширина карьера по поверхности, м.

При значительной ширине карьерного поля разрабатывать весь объем вскрыши на верхних горизонтах только бестранспортным спо

сособ неэффективно. Поэтому в этом случае вскрышу, расположенную в центральной части карьера, целесообразнее удалять автотранспортом.

В целях сокращения объемов горно-капитальных работ, обеспечения минимальных затрат на транспортирование вскрышных пород и упрощения организации внутреннего отвалообразования засыпку предлагается осуществлять следующим образом.

Вскрышные породы при доработке карьера размещаются первоначально на предотвале, сформированном на одном из бортов карьера. Предотвал отсыпается параллельно фронту добычных работ по всей длине карьерного поля, а перпендикулярно — до середины поля.

Параметры упорной призмы должны определяться видом технологического оборудования, с помощью которого производится его формирование, а также физико-механическими свойствами отсыпаемых пород. Ширина упорной призмы поверху, принятая из условия безопасного движения и маневрирования автосамосвалов БелАЗ-540, -548, составляет 40-50 м.

Транспортирование вскрыши до предотвала производится на уровне добычных горизонтов. При этом длина транспортирования остается постоянной и сокращается до минимума.

По мере подвигания фронта добычных работ внутреннее отвалообразование начинают на следующем отвальном ярусе с превышением по высоте относительно нижнего яруса. Формирование отвального яруса производят параллельно предотвалу, до достижения нижней бровки отвального яруса с верхней нижней яруса. При этом откосная часть предотвала служит упорной поверхностью следующего отвального яруса, вследствие чего обеспечиваются устойчивость и безопасность ведения процесса внутреннего отвалообразования.

В зависимости от наличия объемов вскрышных пород при доработке карьера отсыпку последующих ярусов осуществляют аналогично предыдущим.

При размещении 1 млн м³ вскрышных пород в выработанном пространстве карьера по предложенной технологии, уменьшении расстояния транспортирования вскрышных пород на 500-700 м затраты на вскрышные работы снижаются от 126 до 90 тыс. руб. При этом

размеры отводимых под внешние отвалы земель сокращаются на 3-4 га, что предотвращает изъятие земель и затраты на рекультивационные работы на 35-40 тыс.руб.

Таким образом, переход к углубочно-сплошной продольно-поперечной однобортной системе при разработке узких вытянутых залежей позволяет повысить эффективность эксплуатации боковых месторождений открытым способом и использования земельных ресурсов страны. Ее применение обеспечивает размещение значительной части вскрыши в отработанном пространстве карьера и позволяет снизить затраты на транспортирование вскрышных пород, рекультивацию нарушенных земель и ущерб от изъятия земель под отвалы.

7. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТСЫПАННЫХ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ И МАЛОПРОДУКТИВНЫХ УГОДИЙ

7.1. Повышение продуктивности неиспользуемых земель в районе горных предприятий

При составлении проектов разработки новых месторождений полезных ископаемых должны учитываться полнота освоения и степень использования примыкающих площадей во взаимосвязи с принятой технологией работ и горнотехническими условиями района. Решение данной задачи требует вовлечения в детальный анализ значительной территории всего бассейна и прилегающих к нему земель, являющихся ценнейшим природным ресурсом. С позиции рационального землепользования при проектировании карьеров и эксплуатации месторождений основное внимание должно быть направлено на создание наилучших для дальнейшего использования ландшафтов поверхности внешних отвалов. Примером рационального землепользования является проект разработки Южного карьера Тургайского бокситового месторождения. Проектом эксплуатации данного карьера предусматривается удаление вскрышных пород комбинированным способом. Разработка вскрыши верхних горизонтов осуществляется по бестранспортной схеме с перемещением ее драглайнами на приобортовне внешние отвалы. Объем вскрышных пород, удаляемых по бестранспортной схеме, составляет 9,4 млн м³. Ниже горизонта 320 м для удаления вскрышных пород применяется автомобильный транспорт. Объем вскрыши, разрабатываемый с помощью автотранспорта, составит 4,9 млн м³. Из этого объема 3,8 млн м³ должны быть размещены в отработанном пространстве карьера IV Ашутского участка, а оставшиеся 1,1 млн м³ — в самом карьере при доработке с применением внутреннего отвалообразования. При этом среднее расстояние транспортирования вскрышных пород от устья внешней капитальной траншеи Южного карьера IV Ашутского участка составляет 2,3 км.

Отводимая под карьер площадь составляет 29 га, а под отвалы вскрышных пород, удаляемых по бестранспортной схеме, — 51 га. До начала горных работ предусматривается опережающее снятие плодородного слоя почвы со всех нарушенных земель горного отвода.

Южный карьер расположен на плато между Центральным и Ашутским карьерами. Рельеф поверхности спокойный, господствующие отметки 356–358 м. Между залежью Центрального и Южного карьеров проходит балка Акжар, местность сильно пересеченная и местами заболочена. Земельные площади в этом районе практически непригодны и не используются сельскохозяйственными предприятиями. Балка имеет протяженность более 1300 м. Ее ширина колеблется в пределах от 460 до 760 м, в среднем — 565 м. Глубина балки изменяется от 7 до 11 м, а в среднем — 8,8 м (рис. 7.1). Все это свидетельствует о том, что параметры балки позволяют разместить в ней значительные объемы вскрышных пород. При этом исключается необходимость транспортирования вскрышных пород до отработанного пространства карьера IV Ашутского участка. Детальное изучение местности показывает, что при отсылке отвала до отметки 357 м поверхность оврага в этом районе выравнивается до уровня рядом существующих садов и огородов.

Размещение отвалов вскрышных пород в этих балках и оврагах улучшает структуру земельного фонда за счет окультуривания неиспользуемых земель. Использование балок и оврагов для складирования вскрышных пород также позволяет снизить себестоимость полезного ископаемого благодаря сокращению расстояния транспортирования вскрыши. Кроме того, складирование вскрыши на непродуктивных земельных угодьях улучшает земельные ресурсы и повышает их продуктивность. Почвы малопродуктивных угодий характеризуются неблагоприятными природными агрофизическими и агрохимическими свойствами, обуславливающими низкий урожай возделываемых на них культур. Обычно чистый доход с этих земель ниже среднего дохода, получаемого от использования пахотных земель.

Для оценки возможности размещения вскрышных пород в рассматриваемой балке произведены измерения длины балки по семи параллельным сечениям и подсчитаны объемы по блокам. Объем балки составил 3 825 000 м³.

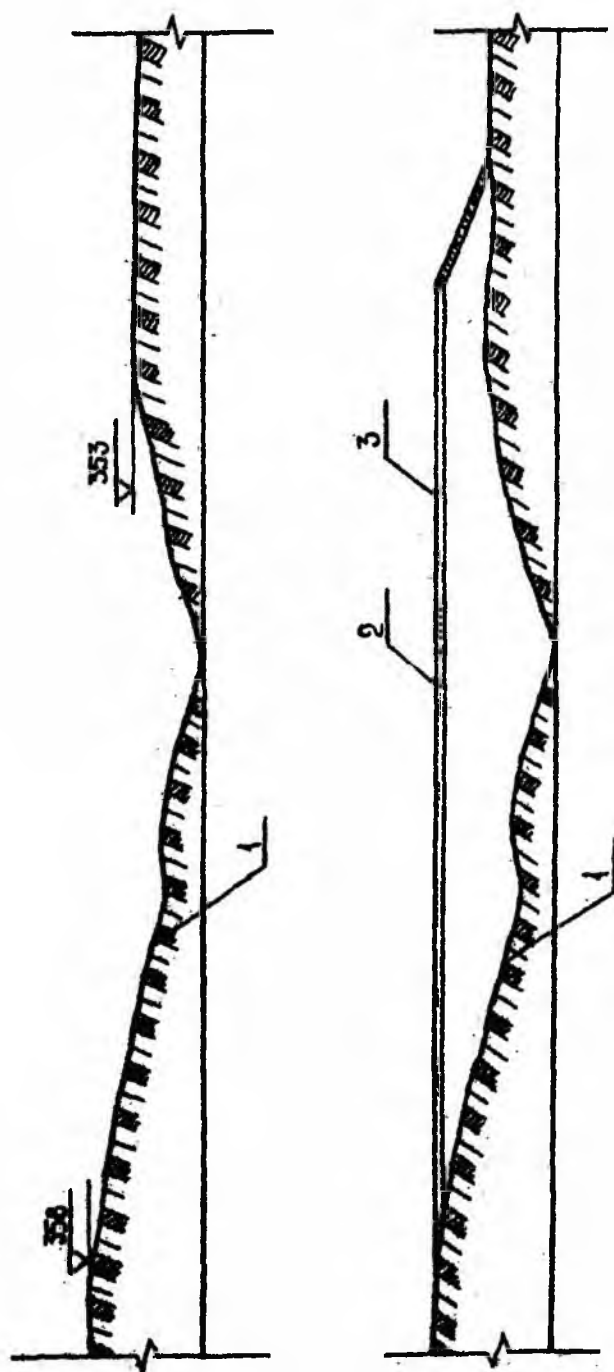


Рис. 7.1. Способ рекультивации малопродуктивных угодий:
 I - склон оврага; 2, 3 - потенциально-плодородный и плодородный слой почвы

Балка разбита по центру на две части существующей дамбой, используемой ранее в качестве автодороги. Поэтому развитие отвалов, размещаемых в балке, предусматривалось вдоль дамбы по оси балки. По мере развития первоначальной насыпи отвала заполнялось пустое пространство балки.

По проекту разработки Южного карьера устье траншеи предусмотрено располагать на отметке 350 м, что ниже уровня близлежащих площадей на 4–5 м. Для предотвращения попадания в карьер поверхностных стоков в осенне-весенние периоды устье траншеи необходимо поднять до отметки 355 м, что вызовет некоторое увеличение затрат на проходку траншеи. Однако изменение места заложения траншеи создает благоприятные условия для нормальной эксплуатации карьера в течение всего периода его отработки.

На площади отрабатываемого Южного карьера и прилегающих к нему безтранспортных и бульдозерных отвалов до начала горных работ производится снятие плодородного слоя почвы с использованием скреперно-бульдозерного или бульдозерно-экскаваторно-автомобильного комплексов. Максимальное опережение снятия плодородного слоя почвы равно годовому подвиганию отвальных работ верхнего вскрышного уступа, а минимальное составляет 24–32 м при изменении высоты отвального уступа от 5 до 10 м. С площади отвала безтранспортной вскрыши плодородный слой почвы снимается с опережением на один год. Места временного хранения плодородного слоя почвы установлены из условия наименьших затрат на его транспортирование от забоев до рекультивируемых поверхностей.

Использование балки и оврага под складирование вскрышных пород имеет ряд преимуществ: отпадает необходимость строительства части автомобильной дороги в районе карьера; улучшается структура малопродуктивных земельных угодий вследствие осуществления их рекультивации; уменьшается длина транспортирования вскрышных пород. Изменение места заложения устья траншеи вызывает некоторое увеличение объема ее проходки. Кроме того, для окультуривания неудобий необходимо дополнительно выполнять работы по снятию и укладке плодородного слоя почвы. Затраты на отвалообразование будут одинаковыми, так как применяемая техника при этом не меняется.

Экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии вскрышных и отвальных работ при эксплуатации Южного карьера будет определяться как

$$\mathcal{E} = V_0 \gamma_c (L_{cp} - L'_{cp}) + L_g C_g - \Delta V_{rp} C_T - V_{nc} C_{nc}, \quad (7.1)$$

где V_0 - объем вскрышных пород, размещаемых в районе балки и оврага, м^3 ; γ - плотность вскрышных пород, $\text{т}/\text{м}^3$; c - затраты на транспортирование вскрышных пород, $\text{руб.}/\text{т} \cdot \text{км}$; L_{cp} - средневзвешенное расстояние транспортирования вскрыши от устья траншеи Южного карьера до засыпаемого карьера IV Ашутского участка, км ; L'_{cp} - средневзвешенное расстояние транспортирования вскрышных пород до внешнего бульдозерного отвала, организуемого в балке, км ; L_g - сокращаемая длина строящейся дороги, км ; C_g - затраты на строительство автомобильной дороги, $\text{руб.}/\text{км}$; ΔV_{rp} - дополнительный объем проходки траншеи из-за переноса ее устья, м^3 ; C_T - затраты на проходку траншеи, $\text{руб.}/\text{м}^3$; V_{nc} - объем снимаемого плодородного слоя почвы с нарушаемых земель в районе складирования вскрышных пород, м^3 ; C_{nc} - затраты на снятие и укладку плодородного слоя почвы, $\text{руб.}/\text{м}^3$.

Произведенный расчет показывает, что годовая экономия от внедрения предлагаемой технологии вскрышных, отвальных и рекультивационных работ при разработке Южного карьера составит более 100 тыс. руб. в год.

За прямым экономическим эффектом, получаемым от предлагаемой технологии, следует эффект от рекультивации нарушенных земель. Последний является комплексной величиной. Эффект рекультивации характеризует ее результаты как мероприятия по воспроизводству земель различного хозяйственного использования, а также природоохранного мероприятия, обеспечивающего благоприятные условия для окружающей среды в горно-промышленном районе.

7.2. Ускорение рекультивации при отсыпке совместных бестранспортных и бульдозерных отвалов

При производстве открытых горных работ в результате перемещения больших объемов горной массы нарушаются значительные площади земной поверхности. Анализ структуры таких нарушений пока-

зывает, что наиболее землеемкими объектами являются выработанные пространства карьеров и отвалы вскрышных пород. Особенность современных карьеров состоит в применении различных комбинаций горно-транспортного оборудования. Кроме того, большой грузооборот приводит к разделению грузопотоков в карьере. Все это обуславливает размещение вскрышных пород в многочисленных разоб-щенных отвалах.

Вместе с тем разобщенность отвалов приводит к увеличению площади нарушенных земель. Это обусловлено тем, что возрастают общая протяженность откосов отвалов, а также занимаемая под откосы площадь. Увеличение протяженности откосов существенно снижает вместимость отвальной площади. Один из путей рационального землепользования на открытых разработках – укрупнение однотипных или создание совместных разнотипных отвалов.

На бокситовых карьерах верхние горизонты разрабатываются по бестранспортной схеме, а нижние – с применением экскаваторно-автомобильных комплексов. Значительная протяженность отдельных карьерных полей позволяет производить отсыпку совместных бестранспортных и бульдозерных отвалов.

В соответствии с последовательностью разработки карьерного поля отвалы бестранспортной вскрыши отсыпятся в первую очередь. Предлагаемой технологией предусматривается последующая отсыпка бульдозерных отвалов с примыканием к поверхности откосов бестранспортных отвалов в их периферийной части. Бульдозерные отвалы формируются в несколько ярусов с оставлением между ними площадок шириной, определяемой по условиям устойчивости и размещения транспортных коммуникаций. После формирования совместных отвалов их примыкающие откосы полностью сливаются с образованием единого внешнего ступенчатого откоса.

Отвалы бестранспортной вскрыши вытянуты вдоль борта карьера. При значительной протяженности карьерного поля наличии выездных траншей на обоих торцах карьера производится двухсторонняя отсыпка примыкающего бульдозерного отвала. Отсыпка отвала развивается при этом от флангов карьерного поля навстречу друг другу со смыканием в центральной части при наличии достаточного объема вскрыши (рис.7.2).

В зависимости от грузооборота карьера отсыпка примыкающего

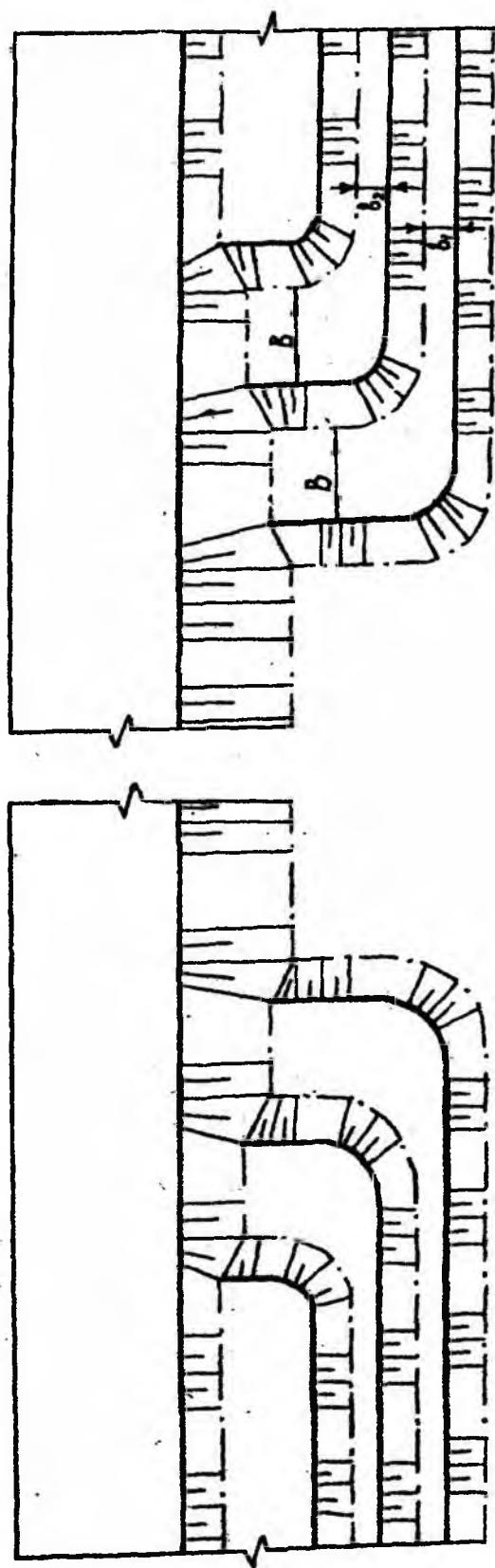


Рис. 7.2. Схема отсыпки совместных бестранспортных и бульдозерных отвалов.

бульдозерного отвала может производиться с последовательным или параллельным развитием отвальных ярусов. При последовательной отсыпке формирование каждого последующего яруса начинается после завершения предыдущего. Такая отсыпка производится при низкой интенсивности отработки месторождения. В случае параллельного развития ярусов отвала отсыпка каждого вышележащего яруса начинается по мере обеспечения опережения, достаточного для начала его формирования. После достижения отвалом проектной высоты продолжается параллельная отсыпка пород со всех ярусов.

Параметры предлагаемой технологии отсыпки совместных бес-транспортных и бульдозерных отвалов определяются в соответствии со схемой, приведенной на рис.7.3. Для узких протяженных отва-

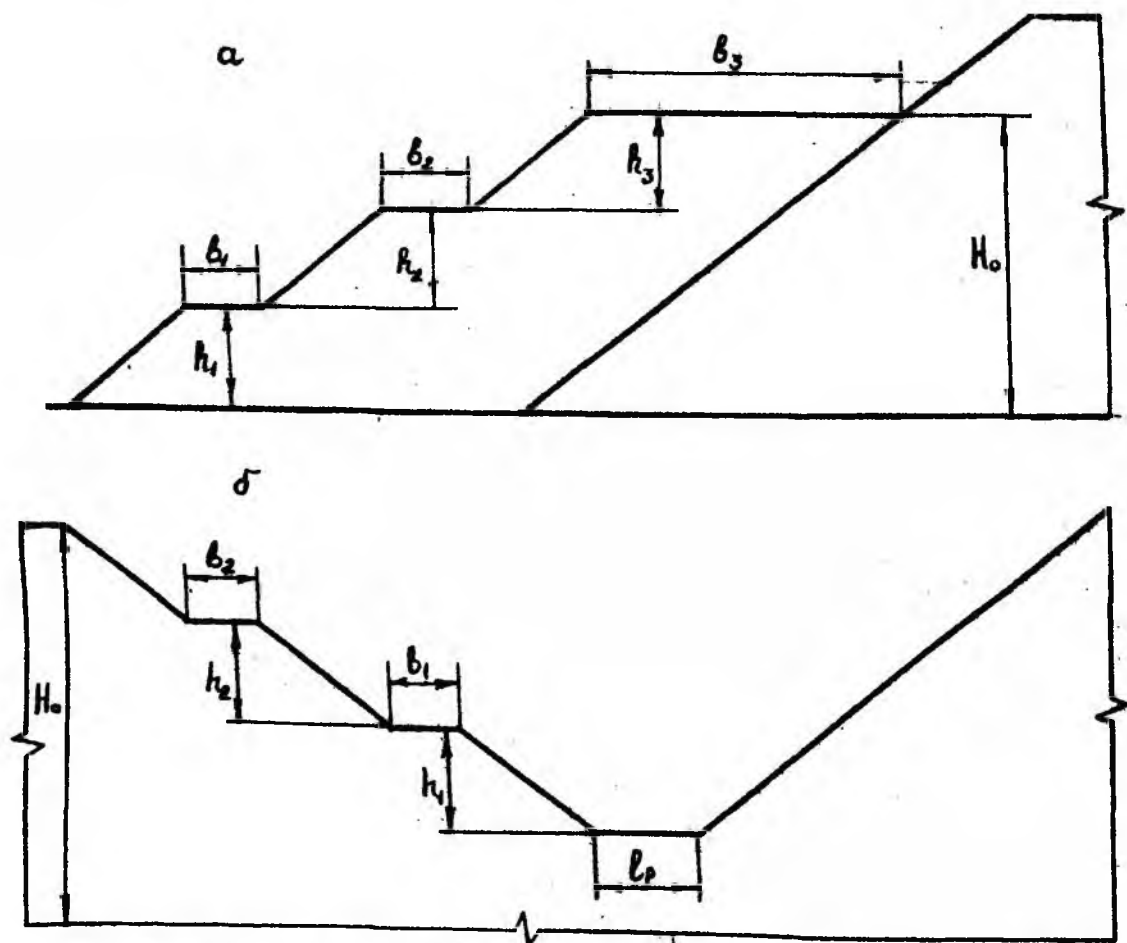


Рис.7.3.Схема к расчету совместных (а) и непримыкающих (б) отвалов

лов взаимосвязь параметров отвалов можно выразить следующим условием:

$$V_a = S_o \cdot L_o, \quad (7.2)$$

где V_a – объем автотранспортной вскрыши, размещаемой в примыкающем бульдозерном отвале, м^3 ; S_o – площадь поперечного сечения примыкающего бульдозерного отвала, м^2 ; L_o – общая протяженность примыкающего бульдозерного отвала, м.

При отсыпке примыкающего бульдозерного отвала площадь его поперечного сечения определится из выражения

$$S_o = h_1 b_1 + (h_1 + h_2) b_2 + h_3 b_3, \quad (7.3)$$

где h_1 , h_2 , h_3 – соответственно высота первого, второго и третьего ярусов отвала, м; а b_1 , b_2 , b_3 – ширина образуемых площадок на поверхности первого, второго и третьего ярусов отвала, м.

Высота ярусов отвала и ширина образуемых площадок на первом и втором ярусах могут быть приняты по условиям устойчивости. Для условий карьеров Тургайского бокситового рудоуправления их значения составляют: $h_1 = 7$ м; $h_2 = h_3 = 9$ м; $b_1 = 15,4$ м; $b_2 = 23,5$ м. Ширина площадки на верхнем третьем ярусе определяется объемом автотранспортной вскрыши, размещаемой в примыкающем бульдозерном отвале, и его протяженностью. Ее минимальная ширина должна обеспечивать безопасное и эффективное транспортирование, а также разгрузку вскрышных пород.

Рациональное землепользование при открытых разработках должно предусматривать не только сокращение площади нарушаемых земель, но и их рекультивацию. Поэтому при определении параметров предлагаемой технологии необходимо стремиться к обеспечению примыкания бульдозерного отвала на всей протяженности отвала бестранспортной вскрыши. Это позволяет создать террасированный откос в ходе отвалообразования и ускорить выполнение рекультивационных работ.

Уменьшение площади нарушаемых земель при применении предлагаемой технологии происходит в результате размещения части вскрышных пород в пространстве, заключенном между несомкнутыми откосами отвалов бестранспортной и автотранспортной вскрыши. При наличии разрыва между нижними бровками разнотипных отвалов

возможно большее уменьшение площади нарушаемых земель (см. рис.7.3). Величина уменьшения площади нарушаемых земель может быть найдена из выражения

$$S_y = \frac{S_{\text{пмо}}}{H_0}, \quad (7.4)$$

где $S_{\text{пмо}}$ - площадь поперечного сечения пространства, заключенного между несомкнутыми откосами отвалов, м^3 , H_0 - общая высота бульдозерного отвала, м.

Выразив в формуле (7.4) входящие величины через известные параметры, получим формулу для определения величины уменьшения нарушаемых земель

$$S_y = \frac{[(l_p + H_0 \cdot \text{ctg } \beta) h_1 + (b_1 + b_2) h_2] L_0}{H_0}, \quad (7.5)$$

где l_p - величина разрыва между отвалами, м.

Таким образом, предлагаемая технология отсыпки совместных бестранспортных и бульдозерных отвалов позволяет уменьшить площадь нарушаемых земель и обеспечить террасирование откосов для рекультивации в ходе отвалообразования.

7.3. Рекультивация отсыпанных по бестранспортной системе разработки отвалов*

Отвалы, отсыпанные по бестранспортной системе разработки, состоят в основном из одних откосов. Все традиционные способы рекультивации, основанные на образовании горизонтальных площадок, в данном случае чрезвычайно трудоемки и требуют значительных затрат. Поэтому необходимо изыскание путей ускорения рекультивации таких отвалов.

По физико-механическому составу слагающие их грунты обычно мягкие, пластичные отложения. Именно на таких породах возможно использование бестранспортной системы разработки. Процессы воздушной и водной эрозии интенсивно развиты в моменты экскавации, транспортировки и складирования, т.е., когда порода находится в динамическом состоянии. Находясь в отвалах, порода слеживается, на ее поверхности под воздействием осадков и солнечных лучей образуется статический слой, слабо подверженный эрозии, интенсивность которой со временем уменьшается. В значи-

*Параграф написан совместно с М.А.Талибековым,

тельной степени этому способствует склонность таких отвалов к естественному самозарастанию. Проведение в этих условиях горно-планировочных работ вызовет обратный эффект, так как приведение в движение огромных объемов пород может послужить причиной их интенсивной эрозии. За сравнительно небольшой промежуток времени произойдет выброс в атмосферу значительного количества пыли, которое не в состоянии выделить отвалы, находясь в состоянии покоя. Так, по данным метеослужбы г. Аркалык отвалы окисного карьера десятилетней давности, находясь на расстоянии 1-2 км от города, не загрязняют его атмосферу.

Визуальные наблюдения показали, что отвалы, отсыпанные по бестранспортной системе разработки, несут в себе элементы активной регенерации. Установлено, что интенсивность самозарастания отвала тесно взаимосвязана с его мезорельефом. В понижениях, где скапливается влага, растения развиты лучше. Проективное покрытие в таких местах достигает 80-100%, в то время, как на плоских частях рельефа — не более 50%. Густой растительный покров наблюдается у подножия откосов. Они выполняют функции естественных водосборников. Влага естественных осадков, стекая по наклонной поверхности, в большом количестве аккумулируется у основания. В результате обитающие здесь растения получают ее больше по сравнению с другими площадями, причем на протяжении всего летнего периода. Все это способствует тому, что со временем растения начинают прогрессировать непосредственно по поверхности откоса. Еще более благоприятные условия в этом отношении создаются в межгребневых пространствах отвала. В два раза здесь увеличивается интенсивность осадконакопления. Локализуясь в небольшие озерца глубиной 1-1,5 м, они сохраняют влагу на протяжении всего года. Стихийные заросли камыша достигают двухметровой высоты, и это совершенно без каких-либо вмешательств человека. Процессы испарения влаги здесь менее интенсивны. В межгребневых пространствах образуются своеобразные штилевые зоны, защищенные от воздействия сильных ветров, часто распространенных на территории Казахстана. Кроме того, подробный рельеф благоприятен для обитания диких животных. Как видно, отходы горного производства, традиционно рассматриваемые как вредные, нежелательные для общества и природы, в данном случае предстают как источник не

только социального, экологического, но и экономического эффекта. Так, у подножия отвалов Тургайского бокситового рудоуправления жители Аркалыка построили дачный поселок, пользуясь его ветрозащитными свойствами. На склонах проложены трассы для горнолыжного спорта и мотогонок. В непосредственной близости от отвалов устраиваются покосы трав, что невозможно на других площадях по причине недостаточного орошения. Учитывая, что карьерные выемки после отработки заполняются грунтовыми водами, создаются условия для создания целого биологического комплекса. Что касается экологического эффекта, создание в этой местности более богатого животного и растительного мира не представляет собой нечто нереальное. Реконструкция нарушенного биоценоза возможна на основе искусственно сконструированной техногенного рельефа. Отсюда следует вывод о нецелесообразности горно-планировочных работ при рекультивации подобных отвалов. Техногенный рельеф содержит элементы активной регенерации. Восстановление необходимо производить путем укладки почвы в межгребневые пространства отвалов, заполнения их до определенного уровня с образованием горизонтальных площадок (рис.7.4), на которых впоследствии возможно создание пастбищ, садов, рекреационных зон.

Уровень заполнения межгребневого пространства выбирается из условий обеспечения нормальных условий для развития корневой системы высаживаемых растений. При посадке деревьев она должна быть не менее 1,5–2 м. От уровня заполнения зависит ширина горизонтальной площадки

$$a = h (\operatorname{ctg} \alpha_1 + \operatorname{ctg} \alpha_2), \quad (7.6)$$

где h – мощность почвенного слоя, укладываемого в межгребневое пространство, м; α_1 , α_2 – углы откосов отвалов, град.

Ширина горизонтальной площадки зависит от ее назначения после рекультивации. Минимальная ширина определяется параметрами транспортных средств, с помощью которых почва доставляется в межгребневое пространство. По своей мобильности, способности преодолевать крутые подъемы, а также относительно небольшим геометрическим параметрам автотранспорт наиболее предпочтителен по сравнению с другими видами транспорта. Максимальный уровень

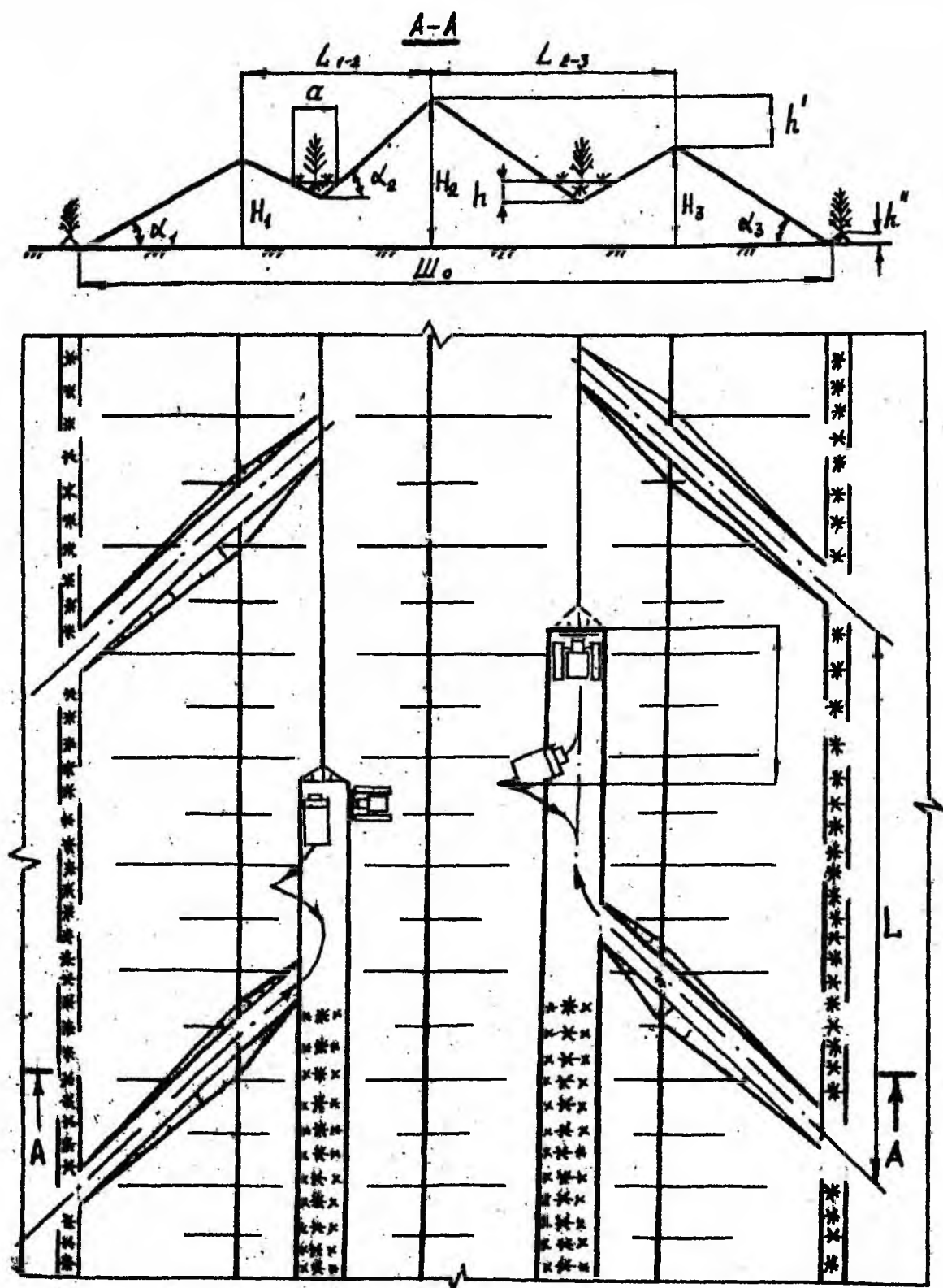


Рис.7.4. Способ рекультивации межгребневого пространства экскаваторных отвалов

заполнения почвой межгребневого пространства ограничивается стремлением сохранить благоприятный перепад высот, обеспечивающий его изолированность.

Предлагаемый способ рекультивации отвалов имеет важное преимущество. Он не требует значительного количества почвы. При трехрядном расположении отвалов со средней высотой 60 м и шириной отвала по основанию 274 м снятие с площади отвалов плодородного слоя мощностью 10 см обеспечит заполнение межгребневого пространства на высоту 2,99 м с образованием горизонтальной площадки шириной 8,75 м. Этого количества почвы будет достаточно также и для сооружения насыпи у подножия отвала высотой в 1 м.

Сечение межгребневого пространства на практике не всегда имеет треугольную форму. Оно может быть представлено и горизонтальным основанием, когда гребни отвалов расположены друг от друга на некотором расстоянии. При этом увеличение его ширины до необходимых размеров может производиться путем подрезки прилегающих откосов бульдозерами и погрузчиками в зависимости от плотности пород.

Наиболее простой способ подрезки заключается в смещении двух боковых клиньев и укладке их в межгребневое пространство. Максимальная величина подрезки ограничивается ее высотой. Она не должна превышать геометрические размеры рабочего оборудования, чтобы не происходила их засыпка. На рис. 7.5 показана зависимость между высотой подрезки откоса и получаемой при этом шириной горизонтальной площадки для примера, где расстояние между нижними бровками двух гребней составляет 5 м, а угол естественного откоса 40° .

Уровень заполнения межгребневого пространства определяется путем приравнивания площади двух срезаемых клиньев к вновь образуемому сечению в форме трапеции.

При предлагаемом способе создаются в межгребневом пространстве горизонтальные площадки необходимой ширины, соответствующие минимальному объему перемещаемых пород. Параметры площадки определяются видом их последующего использования. Минимальная ширина ограничивается геометрическими размерами транспортных средств, с помощью которых доставляется почва. В таком случае

для обеспечения нормальных условий эксплуатации в межребневом пространстве создаются площадки для разворота автосамосвалов.

Если межребневое пространство имеет значительную протяженность, то целесообразно устраивать площадки для разворота, который предлагается осуществлять следующим образом. После того, как автосамосвал на пункте разгрузки опорожнит кузов, задним ходом он направляется к площадкам разворота, которые устраиваются по правилам техники безопасности движения автосамосвалов через каждые 30 м, заезжает по минимальному радиусу поворота на откос и съезжает оттуда в сторону выезда. Подъем порожнего автосамосвала задним ходом на откос представляется технически возможным. Создание площадки разворота будет заключаться в придании дорожному полотну поперечного уклона $3,5^\circ$ в сторону виража.

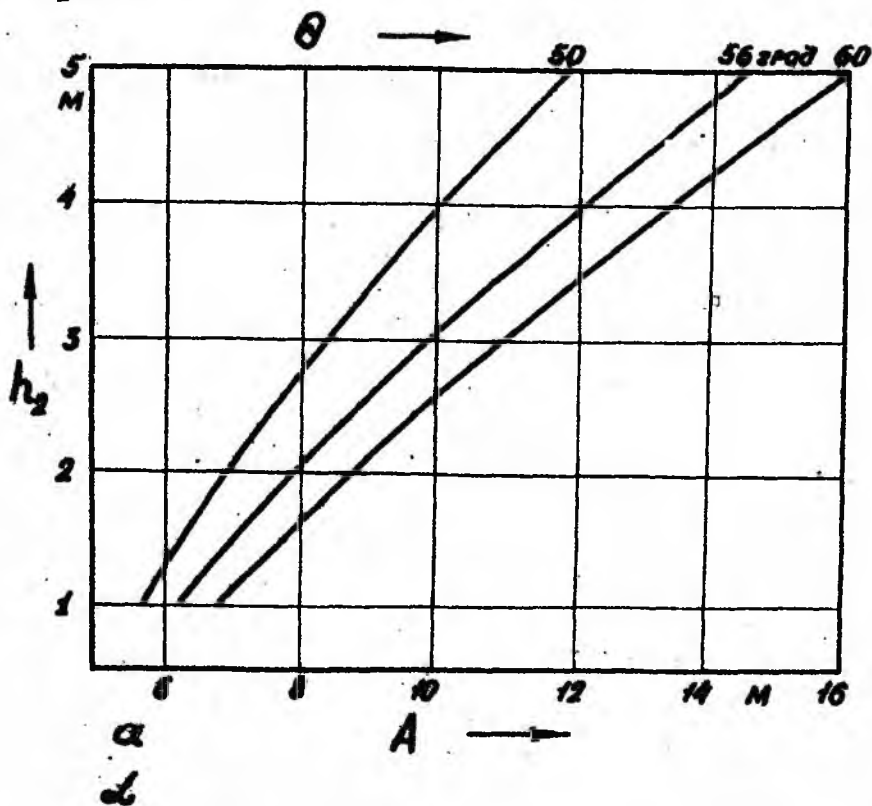


Рис. 7.5. График зависимости высоты подрезки откосов от ширины образуемой горизонтальной площадки

Если въезд автомашины на откос невозможен, допустим, по причине чрезмерной вязкости грунта, разворот осуществляется с использованием специальных ниш, создаваемых в откосах. Сооружать их можно с помощью погрузчиков. Для того, чтобы придать нишам минимальную длину и тем самым уменьшить объем извлекаемых пород, предлагается разворачивать машины по челночной схеме с минимальным радиусом поворота.

Если ширина проезжей части автодорог меньше 7 м, предпочтительней использовать автосамосвал МАЗ-525, а если больше, то БелАЗ-540. В этом случае объем пород, извлекаемый при создании ниши, будет минимальным, что связано с различными геометрическими параметрами машин и минимальными радиусами поворота.

Альтернативой к созданию площадок разворота является заложение внешних въездов в межгребневое пространство, обеспечивающих сквозное движение автотранспорта.

Расчет оптимального интервала заложения внешних въездов в межгребневое пространство производится на основе сравнения затрат на транспортирование при двух вариантах. Первый из них предполагает наличие одного въезда и n -е количество разворотных площадок в межгребневом пространстве, а второй — два въезда, позволяющих двигаться автомашинам по сквозной схеме, т.е. без разворотных площадок. Создание внешних въездов — более трудоемкий процесс, предполагающий большое количество объема перемещаемых пород, и в то же время увеличивающий пропускную способность межгребневого пространства.

Таким образом, интенсификация самозарастания отвалов, отсыпанных по бестранспортной системе, возможна путем нанесения плодородных грунтов в межгребневые пространства, образования горизонтальных площадок и посадки растений. Это способствует улучшению экологической обстановки в районе разработки месторождения и рекультивации с наименьшими затратами.

8. ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ

8.1. Критерии оценки интенсивности рекультивационных работ при различных схемах развития отвалов

При открытой разработке месторождений полезных ископаемых производственная деятельность предприятий связана с транспортированием огромного количества вскрышных пород за пределы карьерного поля. Для складирования их в отвал требуется отчуждение значительных земельных площадей из нужд народного хозяйства, что наносит прямой экономический ущерб сельскому и лесному хозяйствам. Длительные сроки эксплуатации земель могут привести к негативным экологическим изменениям окружающей среды. Поэтому на отчуждение площадей необходимо установить строго ограниченный срок в соответствии с проектом горных работ, предусматривающим выполнения отвальных и рекультивационных работ на карьерах, а затраты на рекультивацию земель должны быть включены в себестоимость продукции. В этой связи технологические охемы рекультивации нарушенных земель должны обеспечить совмещение вскрышных, отвальных и рекультивационных работ.

При разработке месторождений углубочными системами с внешним отвалообразованием допускается отставание рекультивации нарушенных земель. Это объясняется тем, что при применяемых схемах развития отвалов отсыпка вскрыши производится без учета пригодности пород для рекультивации. Предприятия не заинтересованы в своевременной раздельной выемке и укладке потенциально плодородных пород, поскольку данная работа требует существенных изменений в технологии вскрышных и отвальных работ. Как правило, такие изменения значительно усложняют координацию производственной деятельности отдельных структурных единиц, т.е. вскрышных и отвальных участков. При прочих равных условиях требования раздельной выемки пород для отвального участка выступают как огра-

ничающий фактор выполнения их планов. Для выполнения всех производственных процессов в соответствии с требованиями рационального землепользования и охраны окружающей среды механизм управления должен располагать методами и рычагами воздействия на интересы предприятий. Например, как метод прямого воздействия будет служить планирование рекультивационных работ для каждого конкретного карьера. При этом в проектах процессов вскрыши и отвалообразования и технологии должна быть проработана рекультивация отвалов и карьеров. Этим создается предпосылка для совмещения вскрышных, отвальных и рекультивационных работ в целях ускорения рекультивации нарушенных земель.

В настоящее время при отвалообразовании и после отсыпки пионерной насыпи фронт отвальных работ развивается до границ земельного отвода. При этом отвалообразование может вестись в основном по двум схемам: поярусной и одновременной отсыпками всех ярусов /33,36/. При поярусном формировании отвала сначала возводится пионерная насыпь первого отвального яруса, а затем на всей площади формируется ярус. При достижении фронтом отвальных работ проектного контура формируется второй ярус и т.д. При поярусном формировании отвала селективную отсыпку постепенно плодородных пород можно производить после достижения первым ярусом границ отвального отвода. В период отсыпки второго отвального яруса до достижения проектной границы селективное формирование отвала не выполняется. Только после формирования отвала до проектных контуров можно интенсивно начинать селективную отсыпку вскрыши с учетом рекультивации. Схема одновременной отсыпки всех отвальных ярусов позволяет непрерывно и селективно отсыпать только горизонтальную поверхность. При площадном способе интенсивность изъятия земель при отвалообразовании выше, чем при других схемах развития отвалов. В этой связи выбор наиболее рациональных схем развития отвалов с учетом рекультивации предлагается производить по значениям текущих коэффициентов вместимости отвальной площади и рекультивации отвала.

Текущий коэффициент вместимости отвальной площади характеризует отношение объема фактически отсыпанных вскрышных пород за определенный период времени к фактическому размеру нарушенной площади при отсыпке данного объема в этот период. Значение

этого коэффициента зависит от принятого порядка развития отвальных работ на действующем или проектируемом отвале

$$K_{т.в} = \frac{V_{о.т}}{S_{т}}, \quad (8.1)$$

где $V_{о.т}$ – объем фактически отсыпанных вскрышных пород в отвал за определенных период времени, $м^3$, $S_{т}$ – размер фактически нарушенной площади при отсыпке вскрыши в объеме за этот же период времени, $м^2$.

По величине текущего коэффициента вместимости отвальной площади (рис.8.1) можно оценить интенсивность заполнения вскрышными породами земель, отведенных под отвалы.

Текущий коэффициент рекультивации отвала характеризует отношение размеров фактически рекультивированных площадей отвала за определенное время к размеру фактически нарушенных площадей отвала за это же время. По значению текущего коэффициента рекультивации можно судить об эффективности селективного формирования отвала по принятой схеме его развития на действующем или проектируемом отвале в течение определенного промежутка времени.

$$K_{т.р} = \frac{S_{р.т}}{S_{т}}, \quad (8.2)$$

где $S_{р.т}$ – размер фактически рекультивированной площади отвала за определенный период времени, $м^2$.

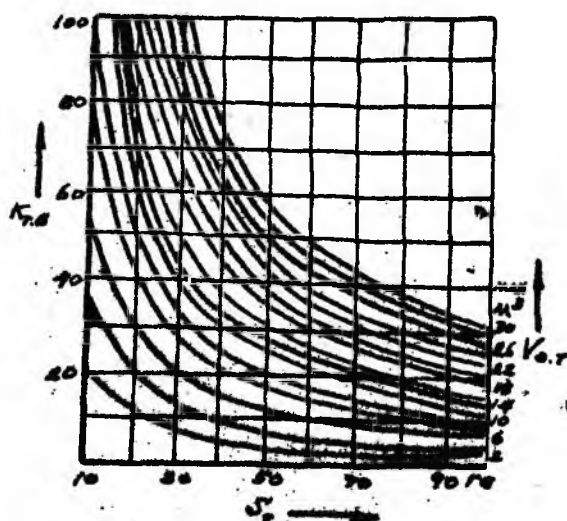


Рис.8.1. График для определения текущего коэффициента вместимости отвальной площади

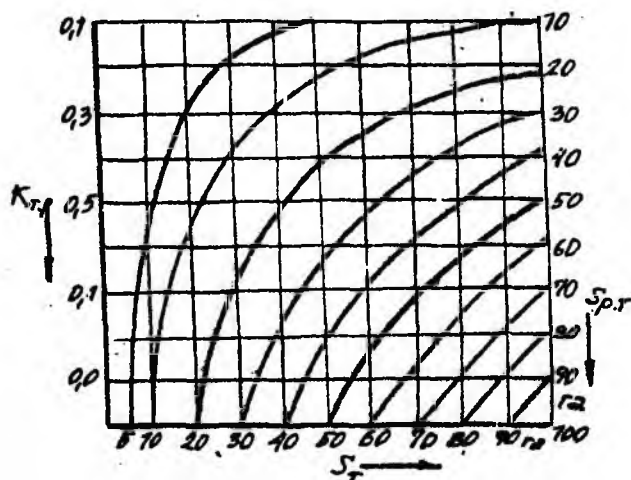


Рис.8.2. График для определения текущих коэффициентов рекультивации отвала

Текущий коэффициент рекультивации отвала (рис.8.2) отражает интенсивность выполнения рекультивационных работ на нарушенной площади отвала. Рациональная схема развития отвалов в любой период времени формирования должна удовлетворять следующему основному требованию: текущие коэффициенты вместимости отвальной площади и рекультивации отвала должны быть максимальны

$$K_{т.р} = \frac{S_{р.т}}{S_{т}} \rightarrow \max. \quad (8.3)$$

Достижения значения максимума этими коэффициентами означает, что в любой момент отсыпки вскрышных пород в отвал они должны иметь значения, близкие к проектной величине коэффициентов вместимости и рекультивации данного отвала.

Проектный коэффициент вместимости отвальной площади характеризует отношение планируемого объема вскрышных пород, укладываемых в отвал, к размеру отторгаемой площади, на которой этот объем будет уложен

$$K_{п.в} = \frac{V_{о.п}}{S_{п}}; \quad (8.4)$$

где $V_{\text{пл}}$ - планируемый объем вскрышных пород, подлежащих складированию на рассматриваемом отвале, м^3 ; $S_{\text{п}}$ - площадь отвала на которой планируется размещение вскрышных пород, м^2 .

Проектный коэффициент рекультивации отвала характеризует отношение планируемых размеров рекультивируемых площадей отвала к площади его основания

$$K_{\text{пр}} = \frac{S_{\text{пр}}}{S_{\text{п}}}, \quad (8.5)$$

где $S_{\text{пр}}$ - планируемый размер рекультивируемых площадей отвала, м^2 .

Таким образом, условием оценки эффективности рациональной схемы развития отвалов, отвечающим требованиям их селективного формирования с учетом рекультивации в любой момент времени отвалообразования, является

$$K_{\text{тв}} \rightarrow K_{\text{н.в}}, \quad (8.6)$$

$$K_{\text{т.р}} \rightarrow K_{\text{л.р}}. \quad (8.7)$$

Текущий коэффициент рекультивации прямо пропорционален текущему коэффициенту вместимости отвальной площади и размеру фактически рекультивированной площади и обратно пропорционален объему фактически отсыпанных вскрышных пород

$$K_{\text{т.р}} = S_{\text{р.т}} \cdot K_{\text{т.в}} / V_{\text{от}}. \quad (8.8)$$

Для оперативной оценки совместного влияния показателей рекультивационных работ разработана номограмма (рис.8.3). Используя ее, можно оценить эффективность рекультивационных работ различных схем развития отвалов по значению текущего коэффициента рекультивации с учетом текущего коэффициента вместимости отвальной площади при отсыпке определенного объема вскрышных пород.

Анализ показывает, что значения текущего коэффициента рекультивации внешних бульдозерных отвалов зависят от направления развития фронта отвальных работ и принятой схемы отсыпки. Изменение значения текущего коэффициента рекультивации отвала при различных схемах селективного формирования и направлениях развития фронта отвальных работ показывает, что наиболее эффектив-

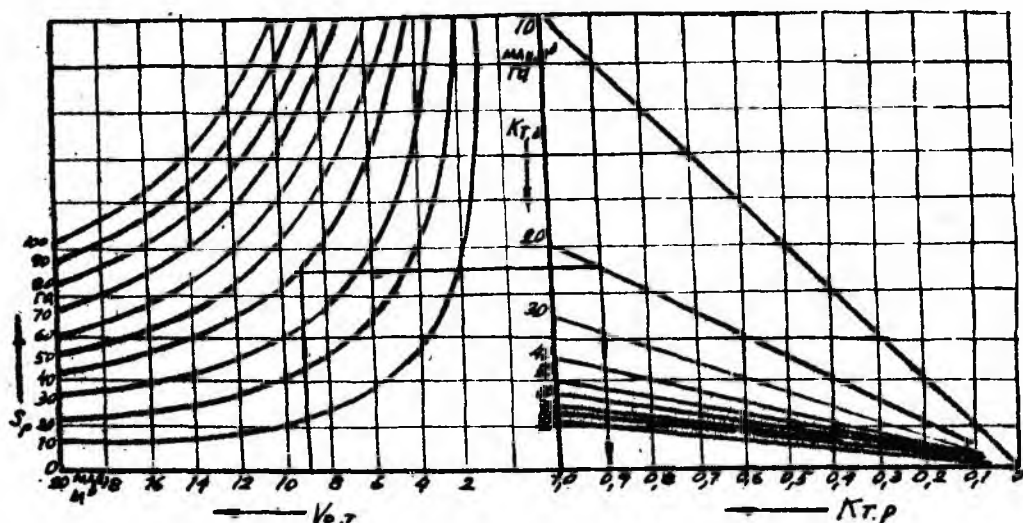


Рис. 8.3. Номограмма для оценки интенсивности рекультивационных работ

но селективное формирование отвала при одновременной отсыпке всех ярусов с развитием фронта отвальных работ от периферии к центру. Значение текущего коэффициента рекультивации внешнего отвала при поярусной схеме развития резко снижается, что объясняется запаздыванием рекультивации первого отвального яруса и ее началом после полной отсыпки отвала.

Динамика изменения текущего коэффициента вместимости отвальной площади при различных схемах селективного формирования показывает, что направление развития фронта отвальных работ в плане не влияет на его значение. Значение текущего коэффициента вместимости отвальной площади при одновременной отсыпке всех отвальных ярусов выше по сравнению с поярусной отсыпкой, которая требует нарушения всей площади, отведенной под отвалы задолго до окончания отвалообразования.

Таким образом, анализ текущих коэффициентов рекультивации отвала и вместимости отвальных площадей позволяет сделать вывод, что наибольшее влияние на эффективность селективного формирования отвалов оказывают схемы их развития в плане и профиле. Наиболее рациональна по текущему коэффициенту рекультивации отвала одновременная отсыпка всех отвальных ярусов с развитием фронта работ от периферии к центру. При этой схеме текущий

коэффициент вместимости также стремится к проектному значению. Одновременная отсыпка отвальных ярусов от периферии к центру позволяет вести селективную укладку пород по пригодности их для рекультивации. Этим достигается интенсификация рекультивации нарушенных земель на открытых разработках. Поэтому оценка интенсивности отвальных и рекультивационных работ в процессе добычи минерального сырья дает возможность оперативного управления вопросами рационального землепользования.

Для согласования интересов отдельных карьеров с интересами горнодобывающего предприятия в оперативном управлении можно использовать коэффициенты землеемкости, вместимости отвальной площади и рекультивации отвала. Такие нормативы-коэффициенты должны быть установлены при составлении проектов разработки месторождений полезных ископаемых. Имея проектные значения нормативных коэффициентов от каждого основного производственного подразделения — карьера, путем сравнения их с практическими результатами можно оперативно управлять рекультивационными работами.

Соответствие принятой технологии горных работ в карьере требованиям рационального землепользования устанавливается сравнением значений текущего коэффициента землеемкости с проектным. В любой период времени эксплуатации месторождения текущий коэффициент землеемкости должен стремиться к его нормативному значению. Этим достигается поэтапно-равномерное нарушение земель и предотвращается преждевременное изъятие определенных площадей из нужд народного хозяйства.

В практической деятельности карьера любая схема развития отвалов при отсыпке одинакового объема вскрыши может привести к различным результатам по подготовке площади для выполнения рекультивационных работ. Создание благоприятных условий для успешного ведения рекультивации, т.е. соблюдение народнохозяйственных требований, предусматривает подготовку поверхности отсыпанного участка отвала к нанесению потенциально плодородных пород и слоя почвы. Для этого необходимо, чтобы принятая схема развития и отсыпки отвала при складировании определенного объема вскрышных пород обеспечивала соответствующую окончательно подготовленную площадь для рекультивации. Исходя из этого в качестве норма-

тива рационального использования земель, отведенных под отваль, можно принять текущий коэффициент вместимости отвальной площади.

Зная ежегодные значения текущих коэффициентов вместимости отвальной площади и сравнивая их с нормативными данными, можно установить экологическую эффективность принимаемых технологических решений по способу отвалообразования.

Технология отвальных работ должна обеспечить своевременную рекультивацию нарушенной площади. Выполнение рекультивации отсыпанных участков отвала зависит от принятой схемы его селективного формирования в соответствии с поступлением вскрыши по пригодности их для рекультивации. В связи с этим интенсивность селективного формирования отвала предлагается оценивать по значению текущего коэффициента рекультивации отвала.

Интенсификация восстановления нарушенных земель возможна при селективной отсыпке непригодных и потенциально пригодных пород в теле отвала. Достижение максимума значения текущего коэффициента рекультивации отвала означает, что предприятие в ходе эксплуатации месторождения открытым способом предпринимает необходимые технологические решения для своевременной рекультивации нарушенных площадей.

В настоящее время для горнодобывающих предприятий рекультивация нарушенных земель является второстепенной работой, сопряженной с дополнительными затратами, снижающими эффективность основной деятельности. В последние годы принято новое положение, предусматривающее включение затрат на рекультивацию нарушенных земель в себестоимость выпускаемой продукции. Включение их в план предприятия как составной части основной деятельности послужит интенсификации рекультивации нарушенных земель в ходе эксплуатации месторождения. Этим обеспечиваются планирование и управление рациональным землепользованием и рекультивацией нарушенных земель.

Своевременная рекультивация нарушенных земель в ходе эксплуатации месторождений за счет совмещения вскрышных, отвальных и рекультивационных работ имеет огромное значение для социально-экономического развития страны. Народнохозяйственный и социальный эффект от интенсификации рекультивации заключается в

уменьшении размеров одновременно нарушенных земель на карьерах, получении ежегодного дохода от рекультивированных площадей и улучшении условий окружающей человека среды. Установление и планирование затрат и объемов рекультивационных работ для каждого конкретного карьера будут способствовать рациональному землепользованию и улучшению условий окружающей среды при открытых разработках месторождений полезных ископаемых.

8.2. Планирование объемов работ и затрат при рекультивации нарушенных земель

Успешное выполнение технического этапа рекультивации нарушенных земель во многом зависит от правильного планирования объемов рекультивационных работ. В соответствии с объемами должны быть запланированы затраты на проведение работ по восстановлению земель при открытой разработке месторождений.

Технический этап рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель включает опережающее снятие плодородного слоя почвы со всех нарушаемых земель горного отвода; погрузку снятого плодородного слоя в средства транспорта; транспортирование плодородного слоя до временных складов или рекультивируемых поверхностей отвалов; выколачивание откосов отвалов до требуемого рекультивацией угла; планировку рекультивируемой поверхности отвала в соответствии с требованиями направления рекультивации; нанесение плодородного слоя почвы на рекультивируемую поверхность отвала. Основными рекультивируемыми площадями являются отвалы вскрышных пород, поверхности хвостохранилища и карьерные выемки. Для установления объемов работ по технической рекультивации земель необходимо определить годовое подвижение вскрышных и отвальных работ в пределах горного отвода. Величина затрат на техническую рекультивацию нарушенных горными работами земель зависит от объемов снятия и нанесения плодородного слоя почвы, горно-планировочных работ по рекультивируемой поверхности отвала и выколачиванию откосов отвальных ярусов до требуемого рекультивацией угла. В связи с этим необходимо установить параметры нарушенных и рекультивируемых площадей.

При известном объеме складированных пород и проектной высо-

те отвала площадь, занимаемая им при круглой форме, определяется по формуле

$$S_o = \pi \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \tan \beta}{2} \right)^2, \quad (8.9)$$

где V — общий объем вскрышных пород, отсыпаемых в отвал, м^3 ; K_p — коэффициент разрыхления пород; H — высота отвала, м ; β — угол откоса отвала после выколаживания, град.

Объем плодородного слоя почвы, снимаемого с площади горного отвала, определяется

$$\sum_{i=1}^m V_{nci} = \sum_{i=1}^m S_i h_i \delta, \quad (8.10)$$

где m — количество участков земель, с которых снимается плодородный слой почвы; S_i — площадь i -го участка горного отвала, м^2 ; h_i — мощность снимаемого плодородного слоя, м ; δ — коэффициент, учитывающий потери при снятии плодородного слоя почвы ($\delta = 0,90-0,95$).

Объем плодородного слоя, необходимый для производства рекультивационных работ, равен

$$V_p = S_p h_n, \quad (8.11)$$

где S_p — общая рекультивируемая площадь при разработке месторождения, м^2 ; h_n — мощность плодородного слоя, укладываемого на рекультивируемую поверхность, м .

Для рекультивации всех нарушенных земель путем нанесения плодородного слоя почвы необходимо выполнение условия

$$\sum_{i=1}^m V_{nci} \geq V_p. \quad (8.12)$$

Если имеющихся объемов плодородного слоя почвы недостаточно, то необходимо либо изменить выбранное направление рекультивации нарушенных горными работами земель, либо планировать их транспортирование из ближайших районов. При рекультивации только поверхности отвала $S_p = S_o$.

Годовой объем плодородного слоя почвы, снимаемого с площадей, отведенных под горные работы, оставляет

$$V_r = \frac{\sum_{i=1}^m V_{nci}}{t_c}, \quad (8.13)$$

где t_c - продолжительность снятия плодородного слоя на предприятии (срок существования карьера без учета времени на затухание), лет.

Затраты на снятие плодородного слоя почвы в течение года определяем

$$Z_c = V_r \frac{C_{м.с}}{Q_c}, \quad (8.14)$$

где $C_{м.с}$ - стоимость машино-смены оборудования, занятого при снятии плодородного слоя, руб/смену; Q_c - производительность оборудования, применяемого для снятия плодородного слоя почвы, м³/смену.

Число смен, необходимых для снятия плодородного слоя почвы с нарушаемых земель горного отвода в течение года, устанавливаем из

$$N = V_r / Q_c. \quad (8.15)$$

При выполнении операций снятия и погрузки плодородного слоя почвы различными видами оборудования затраты на его погрузку в разные средства транспорта определяются по формуле

$$Z_n = V_r \frac{C_{м.п.}}{Q_n}, \quad (8.16)$$

где $C_{м.п.}$ - стоимость машино-смены оборудования, занятого на погрузке плодородного слоя почвы, руб/смену; Q_n - производительность оборудования, занятого на погрузке плодородного слоя, м³/смену.

Снятый плодородный слой почвы транспортируется и укладывается на спланированную поверхность рекультивируемой площади или во временные склады для последующего использования его в период проведения рекультивационных работ. В отдельных случаях необходимо изыскивать дополнительные площади вблизи рекультивируемых участков под временные склады плодородного слоя почвы или потенциально плодородных пород. Площадь временных складов определяется как

$$S_{с.с.} = \sum_{j=1}^n V_j K_p / h_c, \quad (8.17)$$

где n - количество временных складов почвы; V_j - объем плодородного слоя почвы, складываемого в j -м временном складе, м³;

K_p - коэффициент остаточного разрыхления почвы ($K_p = 1,1 + 1,25$);
 h_p - высота временного склада, м.

Затраты на транспортирование плодородного слоя почвы рассчитываем следующим образом:

$$Z_T = V_r \frac{C_{м.т}}{Q_r}, \quad (8.18)$$

где $C_{м.т}$ - стоимость машино-смены оборудования, применяемого для транспортирования почвы, руб/смену; Q_r - производительность транспортной единицы, м³/смену.

При временном складировании плодородного слоя почвы затраты на рекультивационные работы увеличиваются из-за организации повторной погрузки и транспортирования из временного склада до рекультивируемых поверхностей. В этом случае дополнительные затраты определяются в зависимости от применяемого оборудования на погрузку и транспортирование почвы.

После окончания отсыпки отвала осуществляется выполаживание его откосов до требуемого рекультивацией угла. Годовые объемы выполаживания зависят в основном от высоты отвала, разницы углов выполаживания и естественного откоса и способа выполнения работ по выполаживанию

$$V_8 = \frac{2\pi k H^2 \sin(\alpha - \beta)}{\sin \alpha \sin \beta \cdot t} \left(\sqrt{\frac{VK_p}{\pi H}} + \frac{H \sin \beta}{2} \right), \quad (8.19)$$

где k - коэффициент, зависящий от способа выполаживания; α - угол естественного откоса отвала, град; t - срок существования карьера, лет.

Выполаживание откосов по периметру отвала возможно осуществлять двумя способами [13]: сверху вниз и снизу вверх. В первом случае выполаживание проводится путем перемещения пород с верхней и нижней бровки откоса яруса, тогда $K=0,125$. При этом способе выполаживания необходимо увеличение земельной площади для размещения объемов пород, возникающих в результате выполаживания откосов.

Если выполаживание откосов способом сверху вниз невозможно, его следует проводить способом снизу вверх, и тогда $K=0,5$. При этом способе порода перемещается с нижней бровки откоса вверх на поверхность отвала.

Затраты на выполняживание откоса отвала

$$Z_3 = V_3 \frac{C_{м.в}}{Q_3}, \quad (8.20)$$

где $C_{м.в}$ — стоимость машино-смены оборудования, занятого на выполняживании откоса отвала, руб/смену; Q_3 — производительность оборудования, занятого на выполняживании откоса отвала, м³/смену.

До нанесения плодородного слоя почвы рекультивируемая поверхность отвала должна быть тщательно спланирована в зависимости от направления рекультивации. Годовой объем горно-планировочных работ находим из

$$V_m = \frac{S_o \varphi}{t}, \quad (8.21)$$

где φ — удельный объем горно-планировочных работ на отвалах, м³/м².

Затраты на планировку поверхности отвала

$$Z_{пл} = V_{пл} \frac{C_{м.пл}}{Q_{пл}}, \quad (8.22)$$

где $C_{м.пл}$ — стоимость машино-смены оборудования, занятого на планировке отвала; руб/смену; $Q_{пл}$ — производительность оборудования, применяемого при планировке поверхности отвала, м³/смену.

Затраты на укладку плодородного слоя почвы

$$Z_y = V_y \frac{C_{м.у}}{Q_y}, \quad (8.23)$$

где $C_{м.у}$ — стоимость машино-смены оборудования, занятого на укладке плодородного слоя почвы, руб/смену; Q_y — производительность оборудования, применяемого при нанесении плодородного слоя на рекультивируемую поверхность, м³/смену.

Общие затраты на технический этап рекультивации по указанным технологическим операциям составляют

$$Z_{о.р} = Z_c + Z_{п} + Z_t + Z_v + Z_{пл} + Z_y. \quad (8.24)$$

Затраты, отнесенные на 1 м³ плодородного слоя почвы,

$$Z_{\text{рек}} = Z_{\text{о.р}} / V_r . \quad (8.25)$$

Затраты на 1 га рекультивируемой площади

$$Z_{\text{р.г}} = Z_{\text{о.р}} \cdot t \cdot 10^4 / S_0 . \quad (8.26)$$

Затраты, отнесенные на 1 т добываемого полезного ископаемого, равны

$$Z_{\text{р.и}} = Z_{\text{о.р}} / A , \quad (8.27)$$

где A — производительность карьера по полезному ископаемому, т/г.

Таким образом, своевременная рекультивация нарушенных горными работами земель требует установления объемов и затрат на стадии проектирования и эксплуатации месторождений. При планировании объемов и затрат на техническую рекультивацию земель создаются благоприятные условия для ее выполнения на карьерах.

8.3. Социально-экологический эффект от интенсификации рекультивации нарушенных земель

При открытой разработке месторождений минерального сырья сильно нарушается экологическое равновесие окружающей среды, т.е. выводятся из пользования сельскохозяйственные угодья, причиняется вред лесам, изменяются гидрологические режимы района, рельеф местности и движение воздушных потоков, загрязняются отходами производства поверхность земли, воздушный и водный бассейны. Отрицательное воздействие открытых разработок в результате увеличения их масштабов в стране может привести к резкому ухудшению биозоноэкономической системы района. В этой связи интенсификация рекультивации нарушенных земель является одним из важных направлений природоохранной деятельности и обуславливается экономическими, экологическими и социальными требованиями.

До начала ведения горных работ район месторождения в результате наличия почвенного и растительного покрова, ресурсов животного мира для поддержания экологического равновесия дает определенный экономический эффект. Существующие проекты разработки месторождений полезных ископаемых не учитывают народно-

хозяйственный эффект ранее используемых не для нужд горного производства земель. В связи с этим при расчете эффективности разработки месторождений минерального сырья допускаются некоторые отклонения в сторону ее увеличения. Также не учитывается воздействие открытых разработок на окружающую среду.

Применяемые до настоящего времени методы анализа хозяйственной целесообразности и технико-экономических обоснований открытой разработки месторождений полезных ископаемых практически не учитывают снижение экономического эффекта эксплуатации других ресурсов данной территории и ущерб, связанный с ухудшением состояния биосферы. Величина ущерба, причиняемого нарушенными землями окружающей среде, обуславливается размещением этих земель среди тех или иных землепользований, характером освоенности территории, а также зависит от видов воздействия нарушенных земель. Так, при разработке месторождений могут произойти вынос геохимически активных и токсичных веществ из пород, вредных для живых организмов, выделение пыли с нарушенной поверхности в результате развития ветровой эрозии и ведения горных работ, самовозгорание полезного ископаемого и т.д.

Выполнение рекультивационных работ после окончания эксплуатации месторождения может привести к ухудшению экологического равновесия района на длительное время. Восстановление экологического равновесия, нарушенного в течение продолжительного периода, потребует значительных трудозатрат и времени. Поэтому горным предприятиям следует проводить совмещение горных и рекультивационных работ в целях ускорения восстановления нарушенных земель при эксплуатации месторождений минерального сырья открытым способом.

Интенсификация рекультивации нарушенных земель при открытых разработках улучшает социально-экологическую обстановку района месторождения. В результате этого уменьшается ущерб от отрицательного воздействия нарушенных земель на окружающую среду. Улучшение социально-экологической ситуации приводит к оздоровлению состояния здоровья людей, способствует повышению активной деятельности трудящихся и производительности их труда. Определение эффекта от улучшения санитарно-гигиенических, эстетических и рекреационных условий горнопромышленного района на сегодняшний день является сложной проблемой из-за отсутствия

общепринятой методики. Вместе с тем на основании экспертных оценок можно установить ущерб от иссушения прилегающих участков, запыления окружающей территории, самовозгорания полезного ископаемого; эффект от улучшения микроклимата района в результате интенсификации рекультивации земель; снижение ущерба от заболеваемости трудящихся при уменьшении нарушенных земель на предприятии; эффект от рекультивированных земель в период эксплуатации месторождения.

При своевременной рекультивации нарушенных земель формируется оптимальная среда жизни и деятельности людей. Поэтому интенсификацию рекультивации нарушенных земель следует рассматривать как средство уменьшения отрицательного воздействия открытых разработок на окружающую среду и своевременной оптимизации нарушенного ландшафта.

Степень получаемого социально-экологического эффекта от интенсификации рекультивации земель зависит от его правильно выбранного направления. Выбор направления рекультивации и вида использования рекультивируемых земель требует учета следующих факторов:

- степень отрицательного воздействия нарушенных земель на окружающую среду при принятой системе открытой разработки;

- технически возможные направления и сроки рекультивации нарушаемых земель;

- влияние природных условий местности на неблагоприятные воздействия нарушенных земель и рекультивируемые площади;

- масштабы ущерба от ведения горных работ по различным видам хозяйственной деятельности в горно-промышленном районе в соответствии с характером использования территории;

- необходимость расширения площадей различного назначения: лесохозяйственного, сельскохозяйственного, рекреационного, водохозяйственного и других с учетом социальных и природоохранных требований общества;

- оценка санитарно-гигиенических, рекреационных и эстетических условий различных направлений рекультивации нарушенных земель.

Выбор наиболее эффективного варианта рекультивации нарушенных земель с полным учетом указанных факторов является тех-

нически сложно осуществимой задачей. В этой связи следует расширить исследования по учету различных факторов при нарушении земель в результате открытой разработки месторождений минерального сырья.

Принятая технология открытых горных работ должна удовлетворять указанным требованиям социально-экологических факторов. В связи с этим на стадии проектирования эффективность разработки месторождения должна рассчитываться с учетом социально-экологического эффекта его эксплуатации. Следовательно, экономическая эффективность разработки месторождения может быть определена как

$$\mathcal{E}_{p.m} = \frac{\sum \Pi + \sum D - \sum Y - \sum Y_{\text{с}}}{\sum Z_{\text{с}} + \sum Z_p}, \quad (8.28)$$

где $\sum \Pi$ - суммарная прибыль, получаемая горным предприятием при освоении конкретного месторождения минерального сырья, руб.; $\sum D$ - суммарный доход, получаемый от интенсификации рекультивации нарушенных земель в период эксплуатации месторождений, руб.; $\sum Y$ - суммарный ущерб от ведения горных работ, обусловленный изъятием земель от пользователя, руб.; $\sum Y_{\text{с}}$ - суммарный ущерб от отрицательного воздействия нарушенных земель на окружающую среду, руб.; $\sum Z_{\text{с}}$ - суммарные затраты на освоение месторождений минерального сырья, руб.; $\sum Z_p$ - суммарные затраты на рекультивацию нарушенных земель, руб.

Таким образом, выбор технологии разработки месторождений полезных ископаемых должен осуществляться с учетом социально-экологического эффекта от интенсификации нарушенных земель. Этим будет достигнута цель уменьшения до минимума отрицательного воздействия открытых разработок на окружающую среду.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При открытом способе добычи минерального сырья наряду с обеспечением высокой производительности труда и снижением себестоимости продукции для ведения горных работ отводятся значительные земельные площади. Нарушение их происходит в зависимости от применяемой системы разработки. Опыт эксплуатации месторождений при углубочной системе разработки показывает, что нарушенные земли фактически остаются не рекультивированными до конца отработки. Нарушенные земли, как известно, помимо утраты хозяйственной ценности, являются источником загрязнения окружающей среды, воды и почвы прилегающих территорий. В этой связи авторами книги рассматривались различные аспекты проблемы интенсификации рекультивации нарушенных открытыми горными работами земель во всем их многообразии, начиная с установления параметров нарушаемых земель под складирование вскрышных пород, технологии снятия, хранения, нанесения плодородного слоя почвы, селективного формирования внешних отвалов, использования отработанных карьеров для складирования вскрыши, рекультивации ранее отсыпанных отвалов и малопродуктивных угодий и заканчивая рассмотрением вопросов планирования объемов и затрат на рекультивацию и социально-экологического эффекта от интенсификации нарушенных земель.

Приведены состояние земельных ресурсов страны и параметры нарушаемых площадей при открытой разработке месторождений полезных ископаемых в целях обоснования принимаемых решений по проектированию горных работ и интенсификации рекультивации земель.

Установление параметров нарушаемых площадей под отвалы вскрышных пород при круглой, квадратной и прямоугольной формах осуществлено с учетом объема складированной вскрыши, высоты от-

вала, угла его откоса и выполаживания. Применение предлагаемых расчетных формул при обосновании параметров нарушаемых площадей позволяет повысить объективность и точность расчетов. При обосновании технологий снятия, хранения и нанесения плодородного слоя почвы учтены условия производительного использования выемочного, погрузочного и другого оборудования, занятого на горно-планировочных работах. Рациональный вариант размещения временных складов плодородного слоя почвы при технической рекультивации соответствует достижению минимума целевой функции, учитывающей затраты на транспортирование почвы от места выемки до временных складов и от последних до рекультивируемых поверхностей, а также ущерб от временного изъятия земель под временные склады. Для проведения горно-планировочных работ необходимо составить план рекультивируемой поверхности с изображением отметок горизонталями, определить объемы срезов и впадин, установить оптимальный вариант перемещения горных масс методами линейного программирования и разработать паспорта для производства планировочных работ.

В целях интенсификации рекультивации внешних отвалов предложены технологические схемы их селективного формирования и приведены расчетные формулы для установления объемов потенциально плодородных пород и слоя почвы на стадии проектирования и ведения горных работ. Разработка проектов горных работ с учетом предлагаемой технологии селективного формирования внешних отвалов обеспечит своевременную рекультивацию нарушаемых земель при открытых разработках.

Одним из способов уменьшения изъятия земель при открытой разработке является использование для отсыпки вскрышных пород отработанного пространства карьеров. С этой целью рассматривается технология частичного и полного заполнения отработанных карьеров, а также технология разработки вытянутых залежей углубочно-оплошной системой, обеспечивающей изъятие минимальной земельной площади под отвалы и карьерные выемки при эксплуатации конкретного месторождения.

Для условий карьеров Тургайского бокситового рудоправления показаны пути рационального землепользования и интенсификации рекультивации ранее отсыпанных отвалов по бестранспортной системе разработки. Предложена технология отсыпки совместных

бестранспортных и бульдозерных отвалов для уменьшения площади нарушаемых земель и ускорения рекультивации поверхности отвалов.

Планирование рекультивации нарушенных земель дает возможность определять объемы и затраты по годам, а также на выполнение всей работы. При этом критерием оценки своевременного восстановления нарушенных земель может служить текущий коэффициент рекультивации. Интенсификация рекультивации нарушенных земель даст определенный социально-экологический эффект. В этой связи на стадии проектирования эффективность разработки месторождения должна определяться с учетом социально-экологического эффекта от интенсификации рекультивации земель.

Дальнейшие исследования по проблеме рекультивации нарушенных земель должны быть направлены на нахождение оптимального соотношения объемов добычи полезного ископаемого и размеров нарушаемых площадей с точки зрения минимального нарушения экологического равновесия в районе ведения горных работ. При этом, на наш взгляд, должны учитываться такие главные факторы разработки месторождений минерального сырья, как альтернативные варианты способа его добычи, ценность добываемого сырья и земель, влияние способа и масштабов разработки на окружающую среду. Для этой цели при открытом способе добычи полезного ископаемого требуется обоснование оптимальных схем селективного формирования внешних отвалов, отвечающих конкретным горногеологическим и принятым технологическим условиям разработки, безотходной технологии и интенсификации рекультивации земель при ведении горных работ. Научное обоснование вышеуказанных задач позволит повысить эффективность рекультивации и даст возможность совместить добычные, вскрышные и рекультивационные работы в целях максимального поддержания экологического равновесия в природе.

ЛИТЕРАТУРА

1. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров. М., 1970. 396 с.
2. Анистратов Ю.И. Технология открытых горных работ. М., 1984. 287 с.
3. Барсуков М.И. Рациональные параметры внешних отвалов при минимальном нарушении земель // Горный журнал. 1985. № 5. С.24-26.
4. Большая Советская Энциклопедия. М., 1977. Т.24.
5. Виноцкий К.Е. Управление параметрами технологических процессов на открытых разработках. М., 1984. 237 с.
6. Галуотьян Э.А., Козлов Ю.С. Предельная высота отвала и ширина бермы безопасности // Горный журнал. 1985. № 8. С.34-36.
7. Галкин В.А. Оценка схем развития автомобильных отвалов// Горный журнал. 1985. № 8. С.29-31.
8. Горкунов В.И., Завалишин В.С., Валиев К.З. Добыча и рекультивация на карьерах строительных горных пород. Алма-Ата, 1986. 204 с.
9. Горлов В.Д. Рекультивация земель на карьерах. М., 1981. 260 с.
10. ГОСТ 17.5.1.02-78. Охрана природы, Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. М., 1978. 28 с.
11. ГОСТ 17.5.1.01-78. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения. М., 1980. 9 с.
12. Демин А.М. Устойчивость открытых горных выработок и отвалов. М., 1973. 231 с.
13. Дороненко Е.П. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. М., 1979. 263 с.
14. Дриженко А.Ю. Восстановление земель при горных разработках. М., 1985. 240 с.

15. Зотеев В.Г., Фролов А.В. и др. Опыт отсыпки высоких бульдозерных отвалов в затопленное карьерное пространство // Горный журнал. 1977. № 10. С.31.

16. Кравченко О.П. Рекультивация на открытых разработках за рубежом // Горный журнал. 1974. № 1. С.61-62.

17. Калыбеков Т. Установление параметров нарушаемых площадей при правильной их форме // Уголь. 1988. № 8. С.20-21.

18. Лазарева И.В. Восстановление нарушенных территорий для градостроительства. М., 1972. 135 с.

19. Маркс К., Энгельс Ф. Полн. собр. соч. Т.20. С.339-626.

20. Мельников Н.В. Краткий справочник по открытым горным работам. М., 1982. 424 с.

21. Мельников Н.Н. Теория и принципы механизации отвалообразования на карьерах. М., 1968. 108 с.

22. Михайлов А.М. Охрана окружающей среды при разработке месторождений открытым способом. М., 1981. 185 с.

23. Моторина Л.В., Овчинников В.А. Промышленность и рекультивация земель. М., 1975. 240 с.

24. Научные основы проектирования карьеров / Под общ. ред. В.В.Ржевского, М.Г.Новожилова, В.П.Кматова и др. М., 1971: 598 с.

25. Овчинников В.А. Восстановление поверхности при бестранспортных системах. Тула, 1966. 72 с.

26. Охрана окружающей среды при проектировании и эксплуатации рудников / Москинец В.Н., Шестаков В.А., Авдеев О.К. и др. М., 1981. 309 с.

27. Певзнер М.Е. Экологические проблемы горного производства // Горный журнал. 1978. № 7. С.68-70.

28. Повышение эффективности добычи бокситовых руд на месторождениях Казахстана / Сиразутдинов А.М., Смирнов Н.И. и др. Алма-Ата, 1974. 160 с.

29. Попов И.И., Шпаков П.С., Поклад Г.Г. Устойчивость породных отвалов. Алма-Ата, 1987. 224 с.

30. Природные ресурсы и окружающая среда. М., 1978. № 2.

31. Рекультивация земель при открытой разработке месторождений полезных ископаемых Казахской ССР / Чулаков П.Ч., Никифоров И.М., Глыжина Т.И., Калыбеков Т.К. Алма-Ата, 1983. 60 с.

32. Ржевокий В.В. Открытые горные работы. М., 1985.

Ч. I и II.

33. Русский И.И. Технология отвальных работ и рекультивация на карьерах. М., 1979. 221 с.

34. Симкин Б.А. Основные проблемы охраны окружающей среды при открытой разработке месторождений / Направления совершенствования производственных процессов и оборудования при открытой разработке месторождений. М., 1975. С.3-18.

35. Техника и технология рекультивации на открытых разработках / Полищук А.К., Михайлов А.М., Заудальский И.И. и др. М., 1977. 214 с.

36. Томаков П.И., Коваленко В.С. Рациональное землепользование при открытых горных работах. М., 1984. 212 с.

37. Томаков П.И., Наумов И.К. Технология, механизация и организация открытых горных работ. М., 1978. 293 с.

38. Трубецкой К.Н. Технология применения и параметры карьерных погрузчиков. М., 1985. 264 с.

39. Хохряков В.С., Элькин А.Я. Учет ценности земли при проектировании эксплуатации карьеров // Горный журнал, 1968. № 7. С.8-12.

40. Хохряков А.В. Комплексная экономическая оценка воздействия горных работ на природные ресурсы // Разработка месторождений полезных ископаемых и рациональное использование природных ресурсов. Новочеркасск, 1977. С.10-13.

41. Эскин В.С. Рекультивация земель, нарушенных открытыми разработками. Киев, 1973. 184 с.

42. А.с. № 754062 СССР. Способ отвалообразования при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / Чулаков П.Ч., Сандибеков М.Н., Калыбеков Т. и др. - Оpubл. в Б.и., 1980, № 29.

43. А.с. № 994729 СССР. Способ отвалообразования / Чулаков П.Ч., Еермухамбетов В.А., Калыбеков Т. и др. - Оpubл. в Б.и., 1983, № 5.

44. А.с. № 1239326 СССР. Способ отвалообразования при открытой разработке месторождений полезных ископаемых / Чулаков П.Ч., Зулкарнаев Е.С., Калыбеков Т. и др. - Оpubл. в Б.и., 1986, № 23.

45. Beaver S.H. Land reclamation // The Chartered Surveyor.
1960. V.92, N 12.

46. Paprzycki E. Klasyfikacja nieuszytków poprzemysłowych//
Bul. GOP PAN. 1966. N 1.

ОГЛАВЛЕНИЕ

5. СЕЛЕКТИВНОЕ ФОРМИРОВАНИЕ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ	3
6. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ КАРЬЕРОВ ДЛЯ СКЛАДИРОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД	75
7. РЕКУЛЬТИВАЦИЯ ОТСЫПАННЫХ ВНЕШНИХ ОТВАЛОВ И МАЛОПРО- ДУКТИВНЫХ УГОДИЙ	132
8. ОСНОВЫ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ И РАЦИОНАЛЬНОГО ИСПОЛЬ- ЗОВАНИЯ ЗЕМЕЛЬ НА ОТКРЫТЫХ РАЗРАБОТКАХ	148
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	165
ЛИТЕРАТУРА	168

Научное издание

Чулаков Пангерей Чулакович, Бегалинов Абдрахман,
Калыбеков Турсын

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ РЕКУЛЬТИВАЦИИ НАРУШЕННЫХ
ОТКРЫТЫМИ ГОРНЫМИ РАБОТАМИ ЗЕМЕЛЬ. Часть 2

Утверждено к печати Ученым советом Алматинского архитектуру-
строительного института Министерства образования
Республики Казахстан

Редакторы С.Г.Новикова, А.А.Давыденко

Н/К

Подписано в печать 09.09.94. Формат 60x84¹/16. Бум. тип. № 2

Печать офсетная. Усл.п.л. 10,0. Усл.кр.-отт. 10,13.

Уч.-изд.л. 10,9. Тираж 500. Заказ 121

Издательство "Гылым"

480100, Алматы, ул. Пушкина, III/113

Типография издательства "Гылым"

480021, Алматы, ул. Шевченко, 28