

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗЕМЛЕСБЕРЕЖЕНИЯ
НА ОСНОВЕ ТОРЦЕВОГО ПОГАШЕНИЯ
ВЫРАБОТАННОГО ПРОСТРАНСТВА КАРЬЕРА**

В статті розглянуто питання відновлення земель, порушених відкритими гірничими роботами. Удосконалені технологічні схеми торцевого погашення виробленого простору кар'єру й науково обґрунтовані її конструктивні параметри, які забезпечують найбільшу площу відновлення порушених земель. Визначено, що найбільш швидко залишковий вироблений простір кар'єру погашається при використанні автомобільно-конвеєрного транспорту.

**TECHNOLOGICAL SECURING OF LANDECONOMY ON THE BASE OF
THORIUM REDUCING OF WORKING AREA OF QUARRY.**

The issue of land recovery which was damaged by the open-pit workings is considered. The technological schemes of thorium reducing of working area of quarry are improvement and constructive parameters, which provide the largest area of recovery of disturbed land are scientifically based. It is determined that the fastest way to reduce the residual working area of quarry is using automobile-conveyer transport.

После отработки карьера на земной поверхности остаются выемки значительных размеров, нарушающие первоначальный естественный ландшафт. Эти выемки включают выездную траншею по всей длине карьерного поля и выработанное пространство. Отчужденная под них площадь земли может быть возвращена сельскому хозяйству только после проведения специальных дорогостоящих работ, что связано, прежде всего, с доставкой на большие расстояния вскрышных пород, которыми заполняют эти выемки.

Значительный удельный вес в площади изымаемых земель занимают карьеры, которые эксплуатируют горизонтальные месторождения. По данным работы [1], при мощности вскрыши 20...100 м объем выездной траншеи составляет 6...223, остаточного выработанного пространства – 4...85 млн. м³, а площадь по-верху, соответственно, 57...366 и 31...189 га. В сумме площади поверхности и объемы выработанного пространства и выездной траншеи составляют, соответственно, 2,1...150 га и 0,8...135 млн. м³: 7...225 га и 2,5...182,5 млн. м³. Приведенные значения свидетельствуют о значительном влиянии открытых горных выработок месторождения на природный ландшафт.

Основным источником теряемых для сельского хозяйства земель является остаточное выработанное пространство на конец открытой разработки месторождения. Все остаточные выработки должны быть рекультивированы для сельскохозяйственного использования. На сегодняшний день рекультивационные работы и по объемам, и по качеству не соответствуют предъявляемым к ним требованиям. Например, на карьерах Орджоникидзев-ского ГОКа (ОГОКа), которые есть наиболее передовыми по эффективности горного производства и охране природы, потери земель составят около 3,5 тыс. га, вслед-

ствие чего площадь земель, возвращаемых сельскому хозяйству, сокращается (коэффициент сельскохозяйственной рекультивации - 0,67).

Имеющиеся результаты исследований содержат лишь конкретное решение рассматриваемой задачи. Так, по мере отработки угольного пласта на разрезе Константиновский предусмотрена частичная засыпка выездной траншеи отвальным конвейером, установленным вдоль нее, а также проведение новых траншей для доставки угля на поверхность. Известен опыт Медвежьеярского разреза, где выездная траншея на момент ее погашения размещена в выработанном пространстве. Однако, названные выработки в обоих случаях полностью не погашаются [2]. Эта проблема усугубляется при транспортировке полезного ископаемого конвейерами, которые не позволяют прерывать на длительное время выдачу минерального сырья при переносе горизонта их установки. Засыпка траншеи возможна только после доработки разреза и демонтажа конвейеров.

Общие вопросы рассматриваемой проблемы нашли отражение в исследованиях Прокопенко В.И., где для условий доработки горизонтальных пластов предложена методика расчета рациональных параметров отвалов, обеспечивающих минимальное потребление земельных площадей [3]. В статье Гуменника И.Л. [4] установлены параметры крупно площадного отвала. Создание такого отвала позволяет увеличить площадь восстановленных земель под сельскохозяйственное направление рекультивации: для карьерного поля длиной 4500 м. шириной 1500 м и глубиной 85 м площадь поверхности увеличивается на 47 га (коэффициент рекультивации возрастает с 0,55 до 0,6).

Результаты приведенных и других исследований содержат технологические схемы погашения открытых горных выработок традиционным способом на основе внутреннего отвалообразования по длине фронта работ вскрышных и добычных уступов. В то же время представляет научный и практический интерес способ засыпки остаточного выработанного пространства, начиная с торца карьера. Этот способ сегодня не имеет достаточного теоретического обоснования. Поэтому целью статьи есть усовершенствование технологической схемы торцевого погашения выработанного пространства карьера и научное обоснование ее конструктивных параметров, которые обеспечивают наибольшее по площади восстановление нарушенных земель. Ниже предложены технологические решения, с использованием которых можно либо полностью ликвидировать, либо в значительной степени снизить отрицательное влияние открытых горных работ на эффективность землесбережения при эксплуатации горизонтальных месторождений.

Технологическая схема торцевого погашения зависит от вида применяемых в карьере транспортных средств, а также схемы формирования его рабочей зоны. С учетом названных факторов для решения вопросов погашения остаточного выработанного пространства могут приняты различные подходы. Сначала, для упрощения этих решений, определены принципиальные особенности торцевого погашения.

Схема торцевого погашения карьера предусматривает следующую техноло-

гию и организацию горных работ. Обрабатывается полезное ископаемое в пределах кондиционной границы, которой соответствует глухой торец карьера. При подходе к конечным контурам залежи, которые, как правило, сужаются и ограничивают борт карьера и забойный фронт, часть вскрышных пород отсыпается с торцевого конвейера в основание этого конвейера и на горизонт его установки между конвейером и бортом. Для компенсации объемов пород, отсыпанных в торце карьера, на участке основного отвального фронта по ширине отсыпки, кровле придают поперечный уклон i в сторону выработанного пространства. Величина уклона определяется техническими характеристиками сельскохозяйственного или другого оборудования. При необходимости для торцевой засыпки могут быть задействованы породы передовых уступов. Описанные операции повторяют, для чего переносят конвейер с шагом a_{um} .

За счет более быстрого сокращения длины отвального фронта работ, которое можно характеризовать коэффициентом $k_o = L_{1o}/L_{2o}$, где L_{1o}, L_{2o} – длина фронта работ соответственно по первой и второй отвальным заходкам, относительно сокращения забойного фронта, характеризуемое коэффициентом $k = L_{1з}/L_{2з}$, где $L_{1з}, L_{2з}$ – длина забойного фронта работ соответственно по первой и второй заходкам, на суммарную ширину полос a_{umi} коэффициент изменения

обоих фронтов работы $\frac{k_o}{k_z}$ будет уменьшаться, а объем пород, отсыпаемых в

торце карьера, и шаг переноса будут увеличиваться. Это увеличение приводит к меньшему числу передвижек торцевого конвейера и большей площади поверхности, которую можно рекультивировать за один шаг отсыпки, что способствует концентрации работ по восстановлению нарушенной поверхности. Операции по переносу конвейера повторяют до полного погашения горных работ. Размеры остаточного выработанного пространства зависят от граничного контура залежи и горнотехнических факторов. Поэтому при выборе ширины заходки A и ширины полосы a_{um} следует также учитывать граничный контур залежи. Ниже рассмотрены технологические схемы торцевого погашения применительно к тому или иному виду транспорта.

Автомобильно-конвейерный транспорт обеспечивает значительное снижение объема вскрышных пород, складываемых в основном отвале, особенно при первой торцевой отсыпке. Поэтому компенсация объемов пород, отсыпанных в торце путем уменьшения высоты основного отвала, может быть недостаточной для формирования рельефа поверхности, пригодного для рекультивации. В этом случае рационально досыпать недостающие отвальные объемы в торце или на основном участке отвала породами передовых уступов. Место досыпки выбирают исходя из удобства доставки породы с передового уступа до места разгрузки.

В случае использования указанного транспорта при первой отсыпке (рис. 1,а) рационально оставлять по фронту основного отвала 1 свободную емкость 2 и засыпать ее породами передовых уступов 3. Породы транспортируются вдоль рабочего борта 4 и торца 5 в емкость 2 основного отвала 1, а торец карьера 5 засыпается путем нижней отсыпки конвейерной вскрыши в

полосу 6. Такой порядок predetermined удобством доставки пород автомобилями в емкости 2 и отсутствием при первой отсыпке свободного пространства между бортом 5 и торцевым конвейером 7. Соблюдение необходимого равенства емкости 2 и объема возможной автомобильной вскрыши определяется выполнением условия:

$$V_e = V_a, V_e = V_H,$$

где V_H – объем вскрыши, который укладывают в нижний ярус торцевого отвала.

Тогда, ширина нижней полосы 6 и поперечный шаг переноса торцевого конвейера составит:

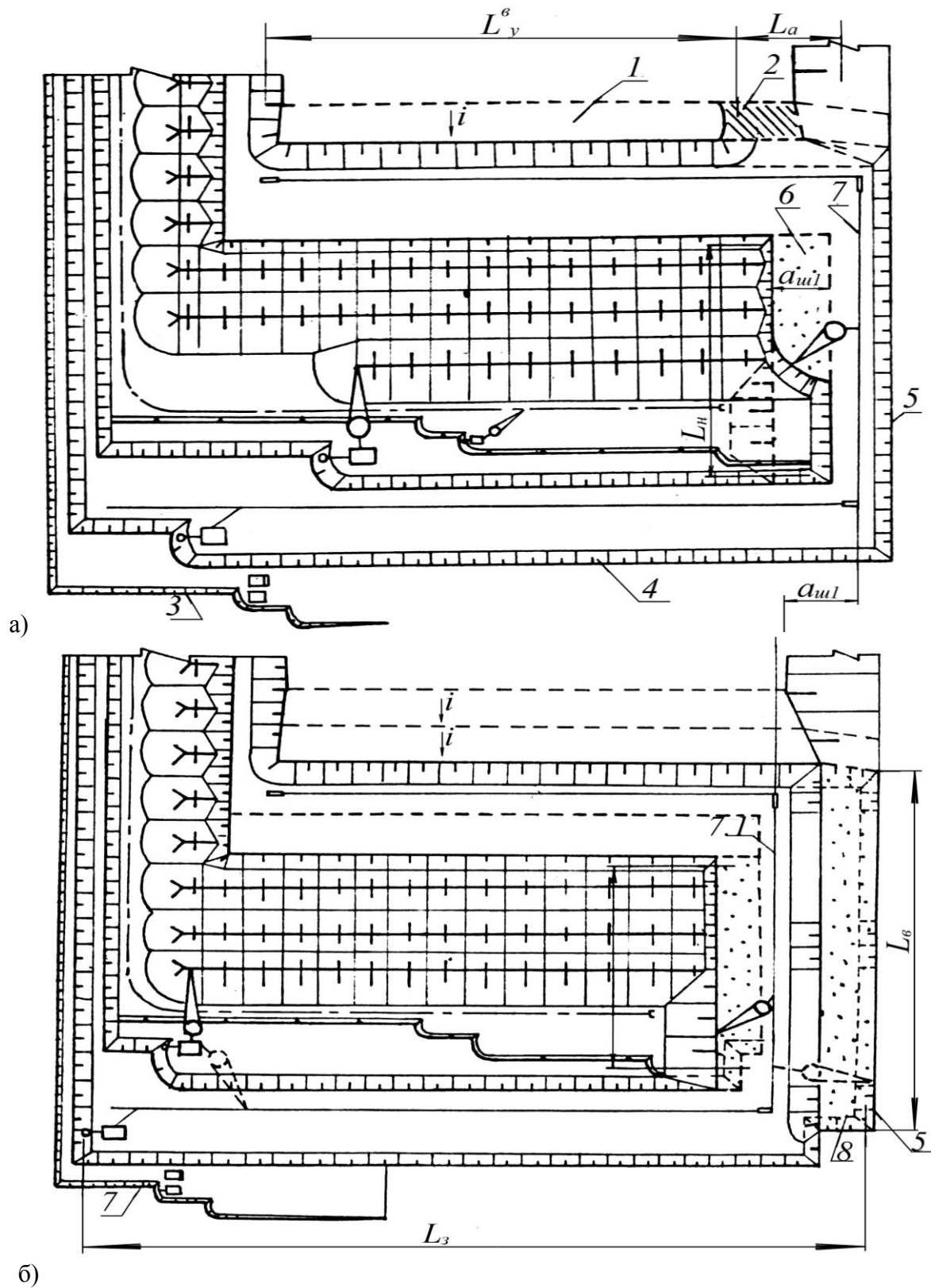
$$a_1 = \frac{V_a}{L_H \cdot h_H},$$

где L_H , h_H – соответственно, в среднем длина заходки и высота уступа нижней отсыпки по дну карьера и нижележащему отвалу.

При одновременной компенсации недостающих объемов вскрыши в отвале 1 с уклоном его кровли $\alpha = i$ шаг $a_{ш1}$ увеличится и будет равен (рис. 1, а):

$$a_{ш1} = \frac{V_a}{L_H \cdot h_H} + \frac{L_y^6 \cdot A \cdot h_0}{2L_H h_H},$$

где L_y^6 , A – средняя длина и ширина наклонной части основного отвала; h_0 – величина, на которую снизилась высота отвала.



1 – основной отвал; 2,8 – свободная емкость; 3 – вскрышные породы передовых уступов; 4 – рабочий борт; 5 – торец карьера; 6 – нижний ярус вскрышных пород; 7 – торцевой конвейер; 9 – допустимый уклон кровли отвала для сельскохозяйственной техники; 10 – навал

Рис. 1 - Схема торцевого погашения выработанного пространства при автомобильно-конвейерном транспорте

Аналогично ширина $a_{ш1}$ определяется по выражению:

$$a_{ш1} = \frac{L_y^6 \cdot A^2 \operatorname{tg} \alpha}{2 \cdot L_H \cdot h_H} + \frac{V_a}{L_H h_H}.$$

После переноса торцевого конвейера в положение 7.1 на величину $a_{ш1}$ отсыпают вторую торцевую заходку (рис. 1, б). В этом случае между конвейером в положении 7.1 и бортом 5 появляется свободная емкость 8, которую заполняют породами конвейерной и автомобильной вскрыши. Формируют также нижний ярус 6. Ширина полосы 8 составит:

$$a_{ш2} = \frac{V_a}{L_H \cdot h_H + H_6 \cdot h_6} + \frac{A \left[A \left(L_y^6 - a_1 - a_2 \right) \left(\frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha_2 + \operatorname{tg} \alpha_1 \right) \right]}{L_H \cdot h_H + L_6 \cdot h_6} +$$

$$+ \left(K_{c2} - K_\phi \right) \frac{L_3 - a_1}{L_H \cdot h_H + L_6 \cdot h_6} H_3 \cdot A,$$

где L_B, h_B – соответственно, средняя длина и ширина верхней отсыпки отвала; L_3, H_3 – начальная длина и высота забоя (уступа); K_ϕ – начальный коэффициент фронта горных работ; K_{c2} – коэффициент фронта, учитывающий текущее изменение длины забойного и отвального фронтов за счет их отсыпки.

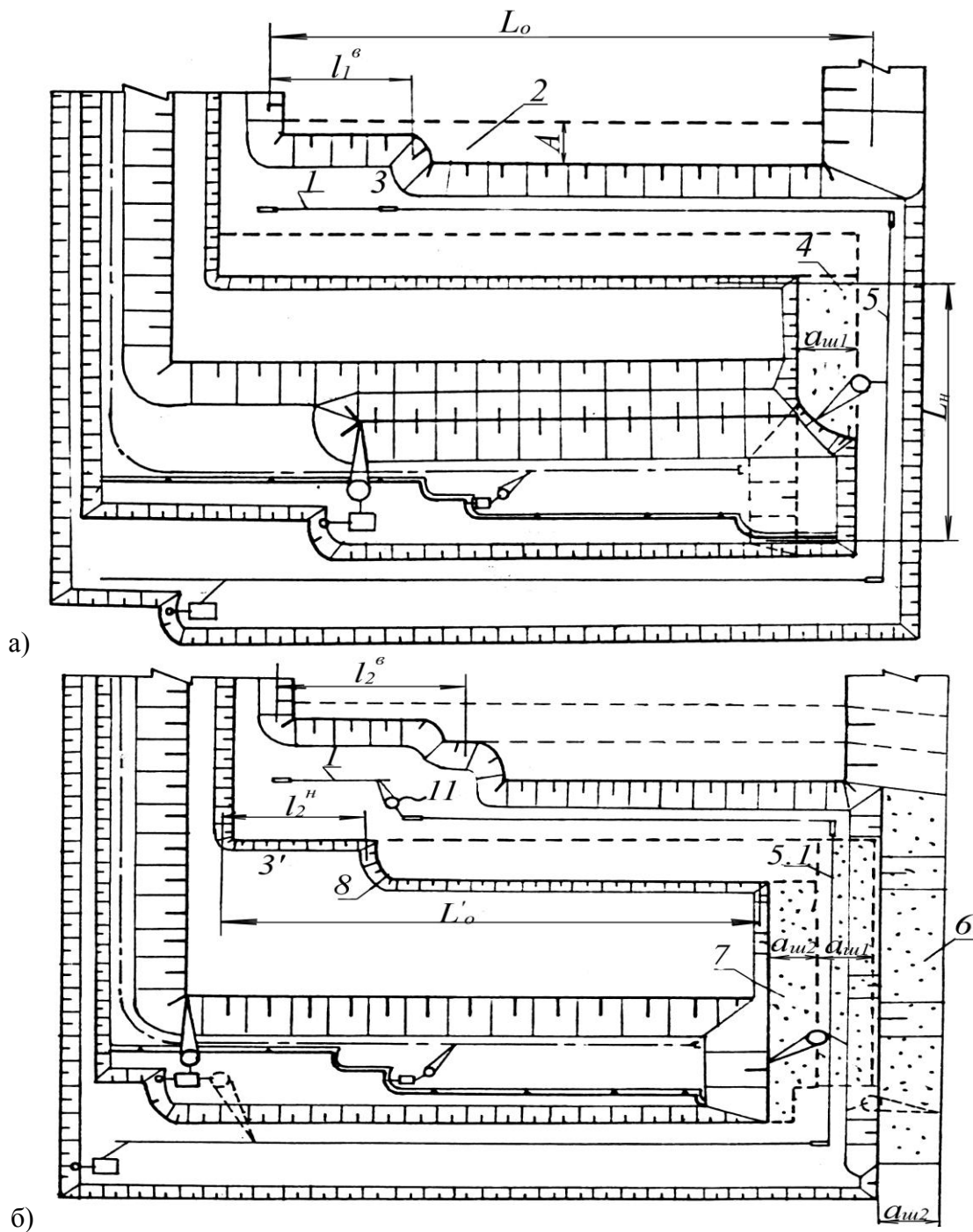
При первой торцевой отсыпке $K_{c1} = K_\phi$. Ширина всех остальных полос как верхней, так и нижней отсыпки определяется из соотношения:

$$a_{шn} = \frac{V_a}{L_H \cdot h_H + L_6 \cdot h_6} + \frac{A^2 \left(L_y^6 - \sum_{i=1}^n a_{n-1} \right) \left(\frac{1}{2} \operatorname{tg} \alpha_n + \sum_{i=1}^n \operatorname{tg} \alpha_{n-1} \right) + \left(K_{cn} - K_\phi \right) \left(L_3 - \sum_{i=1}^n a_{n-1} \right) H_3 \cdot A + V_a}{L_H \cdot h_H + L_6 \cdot h_6}.$$

Следует отметить, что понятия “ширина отсыпки” и “ширина поперечного переноса конвейера” могут не совпадать. Так, при недостаточном объеме пород для одновременной верхней и нижней торцевой отсыпки следует формировать лишь нижнюю полосу 6, а конвейер переносить при объемах, достаточных для формирования обеих полос. Конвейер также можно переносить на величину, не пропорциональную ширине отсыпки, но в пределах технических возможностей принятого отвалообразователя (длина консольных стрел, их телескопичность, поворотность и т.д.), но в любом случае следует учитывать, что верхняя отсыпка ускоряет создание подходящего рельефа для рекультивации.

Если объемы вскрышных пород в конце погашения карьера больше объемов приемных отвальных емкостей, то их распределяют по отвалу так, чтобы уклон формируемого рельефа был в пределах допустимого для использования

сельскохозяйственной техники. Возможно также складирование пород в навал 10 и использование для засыпки остаточных выработок.



1,5 – отвальный конвейер; 2 – отвал; 3 – отвальная ниша; 4 – нижний ярус вскрышных пород; 6,7 – ширина торцевой отсыпки; 8 – нижний ярус; 9 – конвейерная вставка; 10 – навал; 11 – перегружатель.

Рис. 2 - Технологическая схема торцевого погашения при конвейерном транспорте

Торцевое погашение выработанного пространства карьера при конвейерном транспорте ведется с использованием только конвейерной вскрыши (рис. 2). Технологическая схема заключается в следующем (рис.2, а). По дли-

не последней секции отвального конвейера 1 отвала 2 не формируют. Так создается отвальная ниша 3. Избыточная порода отсыпается в полосу 4, от ее объема зависит емкость ниши 3. Шаг первой отсыпки определяется по формуле:

$$a_{ш1} = \frac{V_H}{L_H \cdot h_H} = \frac{V_n}{L_H \cdot h_H} = \frac{l_1^B \cdot H \cdot A}{L_H \cdot h_H},$$

где l_1^B , H , A – соответственно, длина, высота и ширина ниши.

Для второй отсыпки конвейер 5 переносят в положение 5.1 (рис. 2, б) и производят второе погашение торца верхней (полоса 6) и нижней отсыпкой (полоса 7). Объем пород, отсыпаемый в торце, увеличится, поэтому формируют нишу 3' и в нижнем ярусе 8. Ширина торцевой отсыпки $a_{ш2}$ составит:

$$a_{ш2} = \frac{l_2^B \cdot H \cdot A + l_2^H \cdot h \cdot A}{L_H \cdot h_H + L_B \cdot h_B} \left(K_{c2} - K_{cp} \right) \frac{A \cdot H_3 (L_3 - a_1)}{L_H \cdot h_H - L_B \cdot h_B},$$

где l_2^B , H - длина и высота верхней ниши; l_2^H , h - длина и высота нижней ниши;

$$K_{c2} = \frac{AH_3 (L_3 - a_1)}{H (L_0 - l_2^B) + h (L_0 - l_2^H)},$$

L_0 , L_0' - длина фронта, соответственно, верхней и нижней отсыпки.

После обобщения выше приведенных формул для n -ой ниши получаем:

$$K_{cn} = \frac{H_3 \left(L_3 - \sum_{i=1}^n a_{n-1} \right)}{H (L_0 - L_n^B + l_{nn}^B) + h (L_0 - l_n^H + l_{nn}^H)};$$

$$a_n = \frac{l_n^B \cdot H \cdot A + l_n^H \cdot h \cdot A}{L_H \cdot h_H + L_B \cdot h_B} - \frac{l_{nn}^B \cdot H \cdot A + l_{nn}^H \cdot h \cdot A}{L_H \cdot h_H + L_B \cdot h_B} + \left(K_{cn} - K_{\phi} \right) \frac{A \cdot H_3 \left(L_3 - \sum_{i=1}^n a_{n-1} \right)}{L_H \cdot h_H + L_B \cdot h_B},$$

где l_n^B , l_n^H - длина n -ой верхней и нижней ниши; l_{nn}^B , l_{nn}^H - длина n -ой погашаемой верхней и нижней ниши; a_{n-1} - шаг предыдущего поперечного переноса конвейера.

Для грузо-транспортной связи отстающего и предыдущего конвейеров используют перегружатель 11 (рис. 2, б), а при нехватке его параметров используют конвейерную вставку 12, состоящую из секций, погашаемых со

стороны торца конвейеров. При увеличении коэффициента K_{cn} за счет более интенсивного снижения длины отвального фронта по отношению к забойному появляется возможность погашения верхней и нижней ниш. Кроме того, при увеличении коэффициента фронта на других уступах появляется возможность засыпки ниш породами с этих уступов путем передачи их непосредственно на конвейер или в навал 13 с последующей его отгрузкой. Предлагаемая схема позволяет формировать отвал ровной поверхности без компенсации отвальных объемов уклонами его кровли.

Число переносов конвейеров до перехода с комбинированной на торцевую схему отсыпку определяется по формуле:

$$p = m + n = m + \frac{\sum_{i=1}^n a_{n-1} - \sum a_{пер}}{a_{пост}},$$

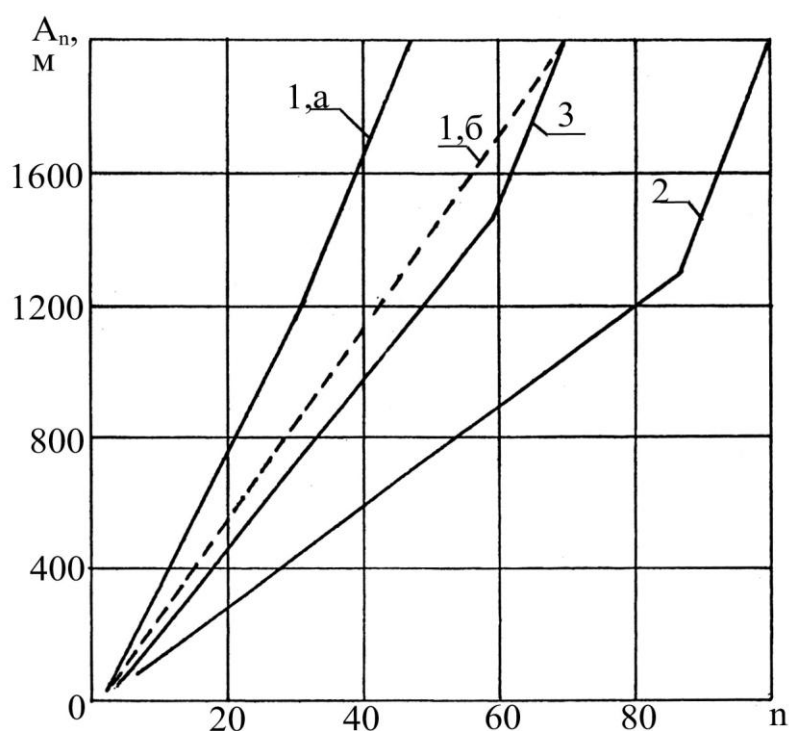
где m – количество участков переменной длины поперечного переноса торцевого конвейера; $\sum a_{пер}$ – суммарная длина поперечного переноса торцевого конвейера; n – число переносов; $a_{пост}$ – постоянная длина поперечного переноса.

Исследована технологическая схема торцевого погашения карьера при использовании автомобильно-конвейерного транспорта в следующих горнотехнических условиях: $L_y^B=1800$ м; $k_p=1,15$; $k_F=1,14$; $L_3=2000$ м; $H_3=52$ м; $L_H=300$ м; $h_H=40$ м; $L_B=650$ м; $h_B=32$ м; $V_a=500000$ м³; $L_3^n=853$ м. Принято также $a_0 = 0$ и $\alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3 = 2,5$ град; $\alpha_5 = \dots = \alpha_n = 0$; $A = A_0 = 50$ м.

В случае конвейерного транспорта схема погашения характеризовалась такими параметрами: $A=50$ м; $H=32$ м; $h=27$ м; $L_H=300$ м; $h_H=40$ м; $L_B=650$ м; $h_B=32$ м; $L_3=2000$ м; $L_0=1800$ м; $L_0^H=1600$ м; $K_p=1,15$; $K_\phi=1,14$; $H_3=52$ м; $L_3^n=661,5$ м. Длина ниш в верхнем и нижних ярусах принята по 300 м, причем $l_1^B=300$, $l_1^H=0$ м, затем $l_2^B=0$, $l_2^H=300$ м и далее попеременно. Такой порядок позволяет поддерживать смещение отвальных ставов конвейера на величину, равную ширине заходки, а грузо-транспортную связь между названными ставами - забойным перегружателем.

Из зависимости ширины площадки верхней отсыпки нарастающим итогом от количества отсыпанных заходок (рис. 3) вытекает, что более быстрое погашение остаточного выработанного пространства достигается при использовании автомобильно-конвейерного транспорта и уклоне кровли начальных заходок (график 1,а), а более медленное - при конвейерном транспорте (график 2) без уклона кровли отвала. Это объясняется доставкой в конвейерный отвал автомобильной вскрыши, а также дополнительным объемом пород, изымаемых из кровли отвала. Схема с засыпкой выработанного пространства без применения автотранспорта, но с уклоном кровли и схема с созданием перемычки "отвал-целик" по времени заполнения выработанного пространства примерно равноценны. Отсюда следует, что при появлении значительной

по объему торцевой отвальной емкости для ее засыпки рационально использовать вскрышные породы других уступов.



1,а – при автомобильно-конвейерном транспорте с учетом уклона кровли пласта; 1,б - при автомобильно- конвейерном транспорте без учета автотранспорта; 2 – при конвейерном транспорте без учета уклона кровли отвала; 3 – при создании перемычки «отвал-целик» с учетом уклона кровли

Рис. 3 - Зависимость ширины площадки верхней отсыпки A_n нарастающим итогом от количества отсыпанных заходок n

Выводы. 1. В настоящее время результаты исследований и практика открытой разработки горизонтальных месторождений предусматривают погашение горных выработок традиционным способом на основе внутреннего отвалообразования по длине фронта работ вскрышных и добычных уступов. В то же время перспективным для землесбережения является способ засыпки остаточного выработанного пространства, начиная с торца карьера. Этот способ сегодня не имеет достаточного теоретического обоснования.

2. Наиболее быстро остаточное выработанное пространство карьера погашается при использовании автомобильно-конвейерного транспорта и наклонной кровле начальных отвальных заходок, а самое медленное - при конвейерном транспорте без уклона кровли отвала. Это объясняется доставкой в конвейерный отвал вскрышных пород с помощью автотранспорта, а также дополнительным объемом пород, отгружаемым из кровли отвала.

3. При торцевом погашении карьера верхняя отсыпка вскрышных пород консольным отвалообразователем ускоряет создание рельефа, подходящего для горнотехнической рекультивации. Если объемы вскрыши в конце погашения выработанного пространства больше объемов приемных отвальных

емкостей, то эти объемы следует распределять по поверхности отвала так, чтобы уклон формируемого рельефа был в пределах допустимого для использования сельскохозяйственной техники.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барсуков М.И., Барсуков И.М. Охрана земель при открытой разработке месторождений. – К.: Техніка, 1987. – 150 с.
2. Научно-техническая оценка отрицательного влияния угледобывающей промышленности на геологическую среду. Разработка систем мониторинга и программ научно-исследовательских работ по экологии для угольных предприятий Украины. Оценка состояния и прогноз нарушения земель угольными разрезами Украины : Отчет / УкрНИИпроект. Главный инженер проекта Чернявский Б.Т. - К., 1992. - 89 с.
3. Прокопенко В.И., Барсуков Н.М. Резервы повышения эффективности использования земель на карьерах в мягких породах. //Изв. вузов. Горный журнал. - 1991. - № 7.-С. 25-29.
4. Гуменик І.Л., Панасенко А.І., Ложніков О.В. Обґрунтування інженерних методів реабілітації територій порушених відкритими гірничими роботами при розробці горизонтальних родовищ // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2008. - №5. - С.122-124.

Рекомендовано до публікації д.т.н. В.І. Прокопенком 21.08.09