

УДК 622.271

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СХЕМЫ ОТВАЛООБРАЗОВАНИЯ ВСКРЫШНЫХ ПОРОД В КАРЬЕРНОЙ ВЫЕМКЕ СМЕЖНОГО УЧАСТКА

Курехин Евгений Владимирович,
ogdm@yandex.ru

Кузбасский государственный технический университет им. Т.Ф. Горбачёва,
Россия, 650000, г. Кемерово, ул. Весенняя, 28.

Актуальность работы обусловлена групповым расположением участков открытой угледобычи и ограничением площадей для внешнего отвалообразования. Развитию открытой отработки угольных месторождений участками с групповым расположением способствуют относительно небольшие инвестиции, быстрый ввод в эксплуатацию, низкая себестоимость 1 т угля. Следует отметить, что разработка большого количества участков с ограниченными запасами ухудшает экологическую обстановку. В этой связи на первое место при решении перспективного развития открытых работ в Кузбассе выдвигаются требования по снижению уровня отрицательного воздействия на экологию региона угольными разрезами. Одно из направлений решения этого вопроса – проектирование технологии разработки участков с учетом требований по снижению землеемкости за счет отвалообразования породы во внутренних отвалах и в карьерной выемке смежного участка.

Цель работы. Обоснование технологии отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) и технико-экономическое обоснование нового способа отвалообразования; обоснование параметров продольного и поперечного отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка с применением драглайна, бульдозера и автомобильного транспорта; разработка методики определения расстояний транспортирования вскрышных пород при групповом расположении участков открытой угледобычи; разработка технологических схем отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка с применением современного программного комплекса Microsoft Office Visio.

Методы исследования: системный анализ при исследовании пространственного расположения участков открытой угледобычи, моделирование процесса отвалообразования вскрышных пород и технико-экономические расчёты с применением программного обеспечения (Microsoft Office Excel).

Результаты. Разработаны технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) с продольным и поперечным складированием пород. Землесберегающий способ отвалообразования повышает эффективность открытой угледобычи. Использование карьерной выемки смежного участка позволит снизить стоимостные затраты на транспортирование вскрышных пород автотранспортом. Предложенные схемы могут быть использованы при проектировании новых участков открытой угледобычи с групповым расположением.

Ключевые слова.

Открытый способ угледобычи, групповое расположение карьерных полей, складирование вскрышных пород, карьерная выемка смежного участка, расстояние транспортирования, экскаватор-драглайн, технологические схемы отвалообразования в карьерной выемке.

Перспективным способом добычи угля в Кузнецком угольном бассейне являются открытые горные работы. В центральной части Кузнецкого бассейна угольные разрезы располагаются группами, например на Караканском месторождении 19 участков открытой угледобычи [1], расположенных на площади 250 км². При этом параметры карьерных полей имеют небольшие размеры по простиранию (до 1–2 км) и находятся на небольшом расстоянии друг от друга (0,1–2,0 км) (рис. 1).

Анализ горно-геологических условий показал, что распределение угольных пластов наклонного (15–45°) и крутого (более 45°) падения с удельным весом общего их количества составляет: в северной части 82 %, в центральной и южной части Кузнецкого бассейна соответственно 100 и 21 %. Следовательно, в перспективе добычи открытым способом большая часть вскрышных пород будет размещаться на внешних отвалах.

Наименее землеёмкой при открытой угледобыче является технология с частичным внутренним отвалообразованием и с отвалообразованием вскрышных пород – в карьерной выемке смежного участка (прежнего пользователя недр) [2, 3].

Добыча угля открытым способом сопровождается нарушением земной поверхности. При крутом падении свит угольных пластов и групповом расположении участков открытой угледобычи возникает проблема складирования вскрышных пород на внешних отвалах и, следовательно, увеличивается дальность их транспортирования, которая составляет 6–8 км и более.

Для решения этой проблемы предлагается складировать вскрышные породы в карьерных выемках (прежних пользователей недр), оставшихся после открытой разработки.

В соответствии с законодательством Российской Федерации пользователи недр имеют право на передачу пользования участками другому пользователю недр, а также использование карьерных выемок, перешедших от других пользователей недр, для складирования вскрышных пород [4–6].

К установленным способам складирования вскрышных пород в отвалах относятся:

- внешние отвалы, расположенные за пределами горного отвода;
- на поверхности внутренних бестранспортных отвалов;

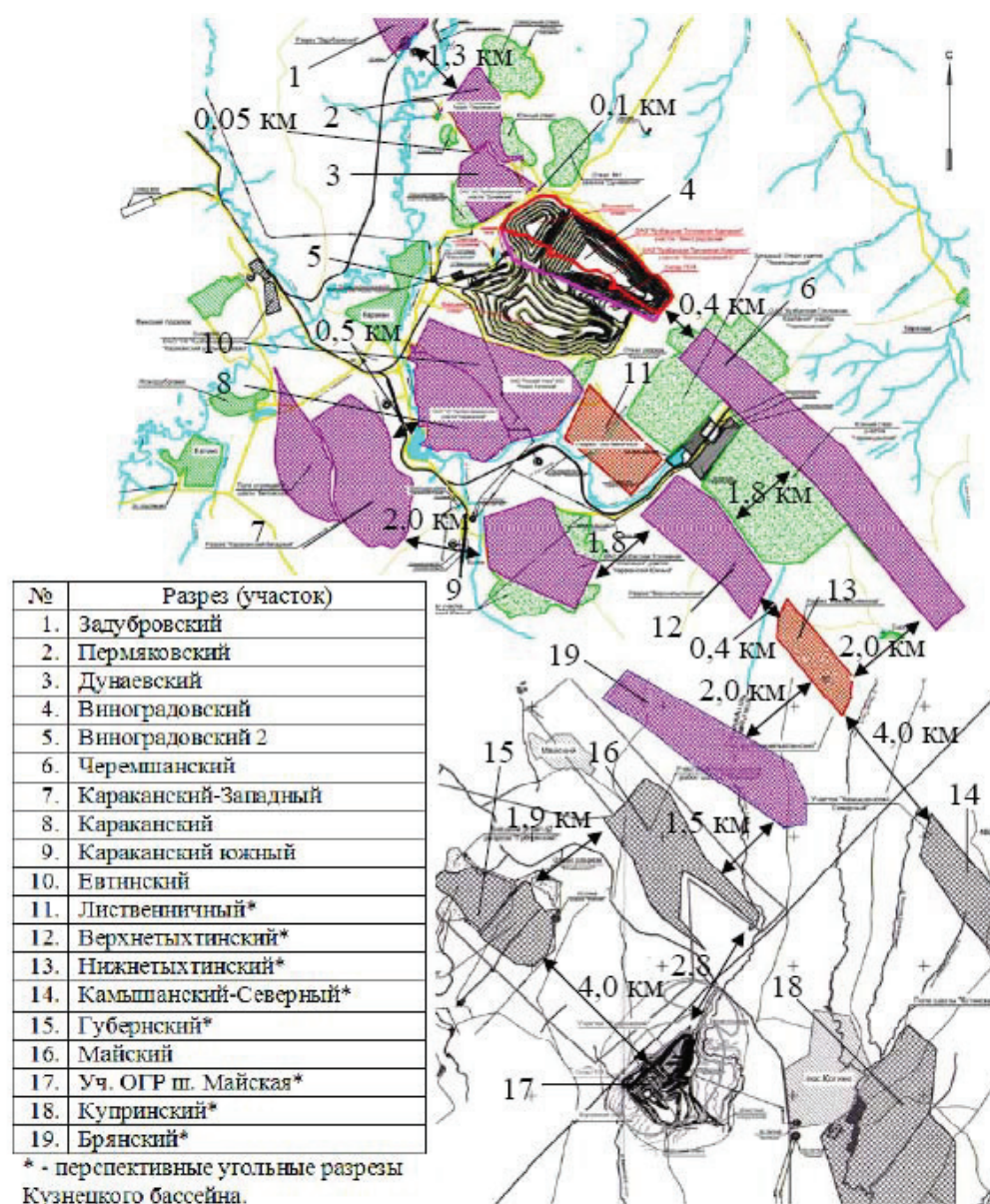


Рис. 1. Групповое расположение карьерных полей на Караканском месторождении Ерунаковского геолого-экономического района

Fig. 1. Group arrangement of open pit mining on Karakansky area of Erunakovsky geological and economic region

- отвалообразование в выработанном пространстве карьеров смежных участков [2].

Исследования, выполненными учёными ИГД СО РАН (г. Новосибирск) [7], установили, что при разработке свит угольных пластов полого падения (5–15°) от 40 до 70 % вскрышных породы складываются во внутренний отвал.

Зарубежный опыт открытой разработки на карьерах (США) показывает, что, как правило, восстановительные работы (засыпка карьерной выемки) проводятся непосредственно вслед за горными [8]. Применяемая техника на внешних отвалах и технология горно-технической рекультивации отвалов находятся в прямой зависимости от типа вскрышного и отвального оборудования (эк-

скаваторы драглайны, бульдозеры и др.) и технологических схем [9–21].

Задачами проектирования при разработке новых участков открытой угледобычи с групповым расположением карьерных полей являются:

- 1) обоснование места складирования вскрышных пород (в карьерной выемке или во внешнем отвале);
- 2) определение расстояний транспортирования вскрышных пород;
- 3) технико-экономическое обоснование технологии отвалообразования и времени складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка.

При выборе места складирования вскрышных пород руководствуются следующими положениями:

отвалы должны располагаться по возможности ближе к карьеру, чтобы снизить затраты на транспортирование породы; отвалы, расположенные в логах, могут восстановить неровный рельеф земной поверхности; отвалы, расположенные в карьерных выемках смежных участков, позволят полностью восстановить искусственно нарушенный рельеф земной поверхности.

Для группового расположения угольных разрезов в Кузнецком угольном бассейне (Ерунаковский район) предлагаются следующие схемы автотранспортирования вскрышных пород (рис. 1):

- 1) с разреза Черемшанский на внешний отвал, расположенный на расстоянии 0,1 км;
- 2) с разреза Евтинский на внешний отвал, расположенный на расстоянии 7,0 км;
- 3) с разреза Евтинский в карьерную выемку смежного участка Лиственничный, расположенную на расстоянии 0,1 км;
- 4) с разреза Брянский в карьерную выемку участка Нижнетыхтинский, расположенную на расстоянии 2,0 км.

Для проектирования новых участков открытой угледобычи предлагается следующая методика определения расстояний транспортирования вскрышных пород с применением автомобильного транспорта, определяется по формулам (1)–(8).

Расстояние транспортирования вскрышных пород от забоя карьера до внешнего отвала определяется выражением, км:

$$L_{ТВ} = L_3 + \sum_{i=1}^n L_C + L_{КТ} + L_{СТ} + \sum_{i=1}^{n-1} L_O + L_n, \quad (1)$$

где L_3 – длина забойных дорог; L_C – длина съездов в карьере; n – количество съездов (n принимается равным количеству уступов в карьере); $L_{КТ}$ – длина дороги в капитальной траншее; $L_{СТ}$ – длина транспортирования вскрышных пород по стационарным дорогам (расстояние от эксплуатационного участка до внешнего отвала); L_O – длина заездов на ярусы отвала; $n_{я}$ – количество ярусов отвала ($n_{я}=3$); L_n – длина дороги до места разгрузки породы (на последнем ярусе отвала), км.

Длина съездов в карьере, км:

$$L_C = n_c \frac{1000 H_y}{i_c}, \quad (2)$$

где n_c – количество съездов; H_y – высота уступа, м; i_c – величина уклона съезда, ‰.

Длина капитальной траншеи [22], км:

$$L_{КТ} = \frac{1000 H_{КТ}}{i_{КТ}}, \quad (3)$$

где $H_{КТ}$ – глубина капитальной траншеи, км; $i_{КТ}$ – величина уклона траншеи, ‰.

Длина заездов на ярусы внешнего отвала, км:

$$L_O = (n_{я} - 1) \frac{1000 h_{я}}{i_{я}}, \quad (4)$$

где $n_{я}$ – количество ярусов отвала; $h_{я}$ – высота яруса отвала, м; $i_{я}$ – величина уклона заезда на ярусы отвала, ‰.

Длина транспортирования вскрышных пород на последнем ярусе отвала, км:

$$L_n = L_2, \quad (5)$$

где L_2 – длина транспортирования вскрышных пород на втором ярусе отвала, км.

Расстояние транспортирования вскрышных пород от забоя карьера до места разгрузки в карьерной выемке смежного участка определяется выражением, км:

$$L_{ТК} = L_3 + \sum_{i=1}^n L_C + L_{КТ} + L_{СТК} + L_{СК} + L_K, \quad (6)$$

где $L_{СТК}$ – дальность транспортирования вскрышных пород по стационарным дорогам (расстояние от эксплуатационного участка до карьерной выемки смежного участка), км; $L_{СК}$ – длина съезда в карьерной выемке, км; L_K – длина дорог в карьерной выемке (до места разгрузки), км.

Расстояние транспортирования в карьерной выемке при продольном складировании вскрышных пород с разгрузкой вскрышных пород с поверхности определяется выражением, км:

$$L_K = (m L_{КВ} - 1000 R_p) + (N_3 - 1) 1000 R_{ч}, \quad (7)$$

где $L_{КВ}$ – длина карьерной выемки в плане, км; $R_{ч}$, R_p – радиус черпания и разгрузки экскаватора драглайна, м; N_3 – количество отвальных заходов (табл. 1), ед.; m – коэффициент, учитывающий место заезда автосамосвала в карьерную выемку (с торца $m=1$; с середины борта карьерной выемки $m=0,5$).

Количество продольных, поперечных отвальных заходов определяется в зависимости от рабочих параметров экскаватора драглайна (радиуса черпания и разгрузки) и ширины карьерной выемки в плане (табл. 1).

Длина съезда в карьерной выемке, км:

$$L_{СК} = \frac{1000 H_y}{i_c}. \quad (8)$$

Анализ типовых технологических схем и методических рекомендаций [23–28] показал, что отсутствует методический подход к определению способов и параметров складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка.

В нормативных документах [23–26] отсутствуют технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка.

Поэтому разработка и обоснование параметров землесберегающей технологии открытой угледобычи является приоритетной задачей при проектировании новых участков открытой угледобычи.

Для снижения землеёмкости открытой угледобычи предлагаются следующие способы складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (табл. 1):

- 1) отвалообразование с применением драглайна и автомобильного транспорта;
- 2) отвалообразование с применением бульдозера и автомобильного транспорта.

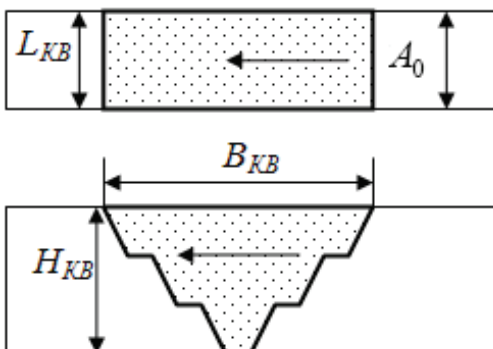
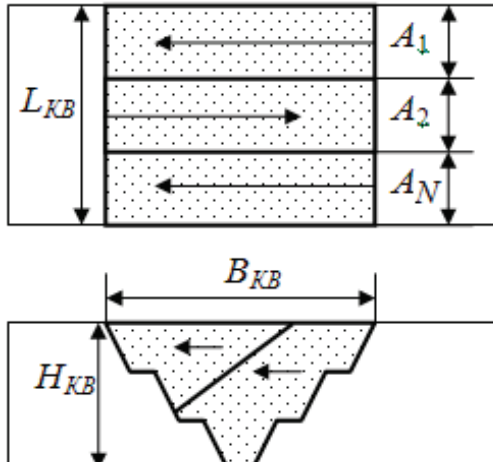
Таблица 1. Схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка

Table 1. Schemes of overburden dumping in borrow excavation of the adjacent area

Наименование Name	Схема Scheme	Аналитическое выражение Analytical expression
Продольное отвалообразование (одной отвальной заходкой) Longitudinal dumping (with one dump)		$N_3 = (1000 B_{KB}) / A_0;$ $B_{KB} = A_0;$ $N_3 = 1$
Продольное отвалообразование (двумя отвальными заходками) Longitudinal dumping (with two dumps)		$B_{KB} = A_1 + A_2;$ $N_3 = 2$
Продольное отвалообразование (тремя отвальными заходками) Longitudinal dumping (with three dumps)		$B_{KB} = 2A_1 + A_3;$ $N_3 = 3$
Продольное, послойное отвалообразование (бульдозерное) Longitudinal, layer-by-layer dumping (dozer)		$N_3 > 2$

Окончание табл. 1

Table 1

Наименование Name	Схема Scheme	Аналитическое выражение Analytical expression
Поперечное отвалообразование (одной отвальной заходкой) Transverse dumping (with one dump)		$L_{KB} = A_0;$ $N_3 = 1$
Поперечное отвалообразование (двумя и более отвальными заходками) Transverse dumping (with two or more dumps)		$L_{KB} = A_1 + A_2 + A_N;$ $N_3 \geq 2$

Примечание. Цифрами I, II, III показана последовательность отвальных заходок при складировании вскрышных пород. B_{KB} – ширина карьерной выемки в плане, м; A_0 – ширина отвальной заходки, м; H_{KB} – глубина карьерной выемки, м; A_1, A_2, A_3 – ширина первой, второй и третьей отвальной заходки, м; h_1, h_2, h_3 – глубина верхней, средней, нижней части карьерной выемки, м; L_{KB} – длина карьерной выемки в плане; N_3 – количество отвальных заходок; $B_{КД}$ – ширина карьерной выемки по дну, м.

Note. I, II, III indicate the subsequence of overburden cuts when storing overburden. B_{KB} is the width of the borrow cut in the plan, m; A_0 is the width of the overburden cut, m; H_{KB} is the depth of the borrow cut, m; A_1, A_2, A_3 is the width of the first, second and third overburden cuts, m; h_1, h_2, h_3 is the depth of the upper, medium and low parts of the borrow cut, m; L_{KB} is the length of the borrow cut in the plan; N_3 is the number of overburden cuts; $B_{КД}$ is the bottom width of the borrow cut, m.

Технология отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка заключается в следующем.

I. Продольное отвалообразование одной заходкой

Вскрышные породы складировются в карьерную выемку смежного участка экскаватором-драглайном одной продольной заходкой на полную её глубину до 30 м (рис. 2). Первоначально бульдозер создаёт скользящий съезд и пионерную насыпь для установки на ней драглайна. Драглайн создаёт приёмную яму (глубиной до 5 м) для разгрузки вскрышной породы автосамосвалами.

Основным условием эффективной работы драглайна является то, что он должен находиться на устойчивом основании.

В целях безопасности, чтобы исключить возможность падения автосамосвала в приёмную яму при непосредственной разгрузке под откос, у верхней бровки приёмной ямы отсыпают породный вал, высотой $h_{ПВ}$ не менее 0,5 диаметра колеса разгружающегося автомобиля [15].

Драглайн черпает вскрышную породу из приёмной ямы и складировывает её на радиус разгрузки одной продольной отвальной заходкой ($B_{KB} = A_0$) на полную глубину карьерной выемки (рис. 2, I). Перемещение драглайна осуществляется вдоль фронта отвальных работ до торца карьерной выемки (рис. 2).

Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1, h_2) на величину 1,5–3,0 м (рис. 2). После завершения за-

сыпки карьерной выемки складываются мягкие породы мощностью h_0 (рис. 2). Заключительным этапом является рекультивация насыпного слоя потенциально плодородных пород после усадки должна быть не менее 1,0 м [20].

Для определения времени складирования вскрышных пород в карьерной выемке необходимо рассчитать объём вскрышных пород и параметры отвальной заходки, определяемые по формулам (9)–(13).

Объём вскрышных пород, складываемый в отвале, определяется по выражению [15]:

$$V_0 = A_0 H_0 L_0 / K_p, \quad (9)$$

A_0 – ширина отвальной заходки, м; H_0 – высота отвала, м; L_0 – длина отвального фронта, м; K_p – коэффициент, учитывающий остаточное разрыхление породы в отвале ($K_p=1,06–1,15$).

Ширина отвальной заходки определяется по формуле, м:

$$A_0 = R_q + R_p, \quad (10)$$

где R_q , R_p – радиус черпания и разгрузки экскаватора драглайна, м.

С учётом выражения (10) объём вскрышных пород (m^3), складываемый в карьерной выемке смежного участка, определяется по формуле:

$$V_1 = (R_q + R_p) H_{кв} L_{кв} k^{-1} / K_p, \quad (11)$$

где $H_{кв}$ – глубина карьерной выемки, м; $L_{кв}$ – длина карьерной выемки в плане, м.; k – коэффициент, учитывающий размер карьерной выемки (табл. 3).

II. Продольное отвалообразование двумя заходками

Вскрышные породы складываются в карьерную выемку экскаватором-драглайном двумя продольными заходками на полную её глубину до 50 м (рис. 3).

Первоначально бульдозер создаёт скользящий съезд и пионерную насыпь в торце карьерной выемки для установки на ней драглайна. Драглайн создаёт приёмную яму для разгрузки вскрышной породы автосамосвалами.

Вскрышная порода размещается на радиус разгрузки драглайна, по всей ширине отвальной заходки. Перемещение фронта отвальных работ происходит вдоль борта карьера до торца карьерной выемки. Для снижения дальности автотранспортирования бульдозер создаёт второй скользящий съезд (рис. 3).

После завершения складирования вскрышных пород первой продольной отвальной заходкой экскаватор-драглайн перемещается в обратном направлении вдоль другого борта карьера и складывает вскрышные породы на радиус разгрузки второй продольной отвальной заходкой в оставшуюся часть карьерной выемки (рис. 3, II).

Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1, h_2) на величину 1,5–3,0 м (рис. 3). После завершения насыпки карьерной выемки складываются мягкие

породы мощностью h_0 (рис. 3). Заключительным этапом является рекультивация. Мощность насыпного слоя потенциально плодородных пород после усадки должна быть не менее 1,0 м [20].

Объём вскрышных пород (m^3), складываемый в карьерной выемке смежного участка двумя продольными отвальными заходками, определяется выражением:

$$V_2 = \sum_{i=1}^{N=2} V_i =$$

$$= (A_1 0,7 H_{кв} L_{кв} + 0,5 A_2 0,7 H_{кв} L_{кв}) k^{-1} / K_p, \quad (12)$$

где V_i – объём 1, 2 отвальной заходки, m^3 ; A_1 , A_2 – ширина первой и второй отвальной заходки, м; $H_{кв}$ – глубина карьерной выемки, м.

III. Продольное отвалообразование тремя заходками

Вскрышные породы складываются в карьерную выемку экскаватором-драглайном тремя отвальными заходками в карьерную выемку на полную её глубину до 70 м (рис. 4). Первоначально бульдозер создаёт скользящий съезд и пионерную насыпь для установки на ней экскаватора-драглайна (рис. 4). Драглайн создаёт приёмную яму для разгрузки в ней вскрышных пород автомобильным транспортом. Драглайн черпает вскрышную породу из приёмной ямы и складывает её на радиус разгрузки первой продольной отвальной заходкой на полную глубину карьерной выемки (рис. 4, I). Далее экскаватор складывает вскрышные породы вдоль фронта отвальных работ до торца карьерной выемки. Для снижения расстояний автотранспортирования вскрышных пород бульдозер создаёт второй скользящий съезд (рис. 4, II). Драглайн перемещается вдоль фронта отвальных работ до средней части торца карьерной выемки. После завершения складирования вскрышных пород первой продольной отвальной заходкой экскаватор-драглайн перемещается в обратном направлении вдоль другого борта карьера и складывает вскрышные породы на радиус разгрузки второй продольной отвальной заходкой в среднюю часть карьерной выемки (рис. 4, II). Изменяя направление фронта отвальных работ, драглайн складывает вскрышные породы в оставшуюся третью часть карьерной выемки (рис. 4, III).

Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1, h_2) на величину 1,5–3,0 м (рис. 4). После завершения насыпки карьерной выемки складываются мягкие породы мощностью h_0 (рис. 4). Заключительным этапом является рекультивация. Мощность насыпного слоя потенциально плодородных пород после усадки должна быть не менее 1,0 м [20].

Транспортирование вскрышных пород автосамосвалами может осуществляется как с первого, так и со второго скользящего съезда (рис. 4, II).

Объём вскрышных пород (m^3), складываемый в карьерной выемке смежного участка тремя продольными отвальными заходками, определяется выражением:

$$V_3 = \sum_{i=1}^{N=3} V_i = \frac{\left(A_1 H_{KB} L_{KB} + A_2 0,54 H_{KB} L_{KB} + \right. \\ \left. + 0,5 A_2 0,45 H_{KB} L_{KB} + \right. \\ \left. + 0,5 A_3 0,54 H_{KB} L_{KB} \right) k^{-1}}{K_p}, \quad (13)$$

где V_i – объём 1, 2, 3 отвальной заходки, м³; A_1, A_2, A_3 – ширина первой, второй и третьей отвальной заходки, м; H_{KB} – глубина карьерной выемки, м.

IV. Бульдозерное отвалообразование в карьерной выемке

Вскрышные породы складированы в карьерную выемку (глубиной до 100 м) смежного участка с применением бульдозера и автомобильного транспорта послойно.

Отвалообразование вскрышных пород в карьерной выемке с применением бульдозера и автомобильного транспорта осуществляется в следующем порядке (рис. 6). Складирование вскрышных пород в карьерной выемке осуществляется послойно снизу вверх. Транспортирование вскрышных пород осуществляется автомобильным транспортом по дорогам, которые остались в карьерной выемке. Первоначально разгрузка породы осуществляется автомобильным транспортом на дне карьерной выемки, по всей ее длине. При этом для устойчивости складирования породы в его основание должны укладываться скальные и полускальные породы. Далее бульдозер создает первый (h_{cl1}) и второй (h_{cl2}) слой отвальных пород, складированный на дне карьерной выемки (H_1).

При изменении направления движения бульдозера на противоположное, вскрышные породы складированы во втором слое (h_{cl2}) при заполнении дна карьерной выемки (H_1) (рис. 6).

В дальнейшем операции по отсыпке второго яруса (H_2) и складированию породы (h_{cl3}, h_{cl4}) повторяются в той же последовательности.

Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1, h_2) на величину 1,5–3,0 м (рис. 5). После завершения засыпки карьерной выемки складированы мягкие породы мощностью h_0 (рис. 5). Заключительным этапом является рекультивация. Мощность насыпного слоя потенциально плодородных пород после усадки должна быть не менее 1,0 м [20].

V. Поперечное отвалообразование двумя и более заходками

Вскрышные породы складированы в карьерную выемку смежного участка драглайном и поперечными отвальными заходками на полную её глубину (до 30 м).

Первоначально бульдозер создаёт скользящий съезд и пионерную насыпь на борту карьера для установки на ней драглайна (рис. 6). Драглайн создаёт приёмную яму для разгрузки вскрышной породы автосамосвалами (рис. 6, I).

Драглайн черпает вскрышную породу из приёмной ямы и складировывает её по всей ширине отвальной заходки до противоположного борта карьерной выемки на полную её глубину (рис. 6). Далее драглайн изменяет направление фронта отвальных работ на противоположное и складировывает вскрышные породы до противоположного торца карьерной выемки. Завершающим этапом складирования породы является засыпка оставшейся торцевой части карьерной выемки. Вскрышные породы укладываются в карьерную выемку с учётом осадки слоя пород (h_1, h_2) на величину 1,5–3,0 м (рис. 6). После завершения засыпки карьерной выемки складированы мягкие породы мощностью h_0 (рис. 6). Заключительным этапом является рекультивация. Мощность насыпного слоя потенциально плодородных пород после усадки должна быть не менее 1,0 м [20].

В качестве отвального оборудования принят экскаватор-драглайн ЭШ 10.70 (ЭШ 10.100), автосамосвал БелАЗ-75491 грузоподъёмностью 75 т и бульдозер ДЗ-34С (Dressta 15-M).

Таблица 2. Условия применения технологической схемы отвалообразования драглайном в карьерной выемке смежного участка

Table 2. Conditions of applying the flow diagram of dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area

Показатели Indicators	Обозначение Designation	Значение Value
Глубина карьерной выемки, м Depth of the borrow excavation, m	H_{KB}	30–100
Ширина карьерной выемки (в плане), м Width of the quarry (in plan), m	B_{KB}	до 290
Расстояние между карьерными полями, км Distance between open pit mining, km	L	0,1–2,0
Вид транспорта Type of transport	$Type$	Автомобильный Auto
Грузоподъёмность автосамосвала, т Load capacity of a dump truck, t	q	75
Оборудование на отвале Equipment on the heap	$Equipment$	Драглайн Dragline
Вместимость ковша, м ³ Bucket capacity, m ³	E	10
Устойчивый угол откоса отвала, град. Stable angle of slope of the blade, degree	α_0	38
Размеры разгрузочной площадки, м: Dimensions of the unloading site, m: – длина/length; – ширина/width	L_{Π} B_{Π}	18 12
Глубина приёмной ямы, м Depth of receiving pit, m	h_{Π}	5
Длина зоны разгрузки автосамосвала, м Length of the discharge area of the dump truck, m	L_p	25

При разработке технологических схем отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке

ке (рис. 2–6) приняты параметры карьерной выемки в плане: длина 1,0 км и ширина 133–290 м. Условия применения технологической схемы отвалообразования драглайнами ЭШ-10.70 и ЭШ-10.100 представлены в табл. 2, 3.

Таблица 3. Расчётные показатели при отвалообразовании вскрышных пород

Table 3. Calculated values at overburden dumping

Показатели Indicators	Экскаватор/Excavator	
	ЭШ-10.70 Esh-10.70	ЭШ-10.100 Esh-100.100
Вместимость ковша экскаватора, м³ Excavator bucket capacity, m³	10,0	
Длина стрелы, м Length of a boom, m	70,0	100,0
Радиус разгрузки, м Unloading radius, m	66,5	91,5
Ширина отвальной заходки, м Width of blade failure, m	133,0	183,0
Продолжительность цикла экскавации, с Duration of the excavation cycle, s	57,0	60,0
Коэффициент наполнения ковша Bucket filling factor	0,80	
Количество рабочих смен в году Number of shifts per year	756	
Коэффициент, учитывающий остаточное разрыхление породы в отвале The coefficient that takes into account the residual loosening of the rock in the heap	1,06–1,15	
Производительность экскаватора Excavator capacity		
сменная ($Q_{Э.СМ}$), м³ exchangeable ($Q_{ЭСМ}$), m³	2806	2666
годовая ($Q_{ЭГ}$), млн м³ yearly ($Q_{ЭГ}$), million m³	1,693	1,608

На рис. 2–6 приняты обозначения: угол откоса отвала (α_0) $\alpha_0=38^\circ$; γ_1, γ_2 – углы откосов борта карьерной выемки, град.; $\beta_{ск}, \beta_m$ – углы откосов уступов в карьерной выемке по коренным и мягким породам, град.; R_n, R_p – радиус черпания и разгрузки, м.; h_1, h_2 – высота верхнего и нижнего отвала, м; h_0 – мощность наносов, м; $B_{кд}$ – ширина карьерной выемки по дну, м; $L_{кд}$ – длина карьерной выемки по дну, м; $B_{п}$ – ширина приемной ямы, м; H_y – высота уступа, м; $h_{п}$ – глубина приемной ямы, м.

К технологии горных работ, наряду с экономичностью и безопасностью, должны предъявляться следующие требования по рациональному использованию земель [21]:

1. Добыча полезных ископаемых должна быть наименее землеёмкой, т. е. расход земельных ресурсов на единицу добытого минерального сырья должен быть минимальным.
2. В процессе строительства карьера и эксплуатации месторождения режим нарушения и восстановления земель должен быть наиболее благоприятным, т. е. разрыв во времени между нарушением и восстановлением земель должен быть минимальным, а основная часть нарушений

(особенно плодородных участков) должна переноситься на более поздний период разработки.

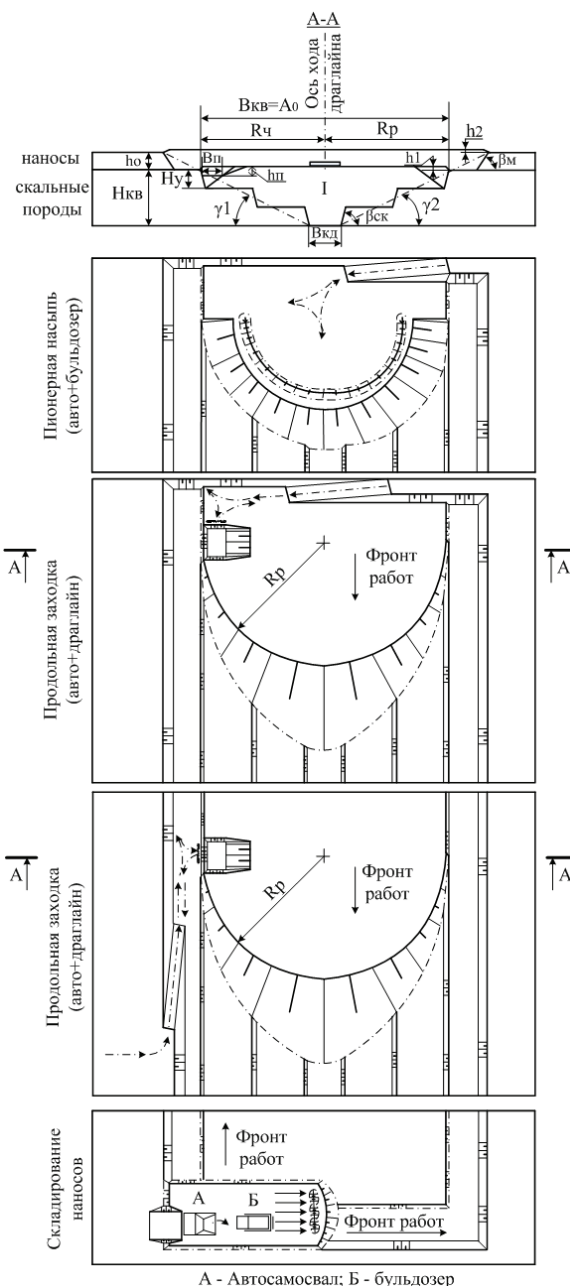


Рис. 2. Технологическая схема отвалообразования вскрышных пород драглайном в карьерной выемке смежного участка одной продольной заходкой

Fig. 2. Flow diagram of overburden dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area

Следовательно, с учётом второго требования по рациональному использованию земель необходимо определить время складирования вскрышных пород (лет) в карьерной выемке смежного участка:

$$T_{ск} = \frac{V}{Q_{ЭГ}}, \quad (14)$$

где V – объём вскрышных пород, складываемый в карьерной выемке, м³/г; $Q_{ЭГ}$ – эксплуатационная производительность экскаватора драглайна [22], м³/г.

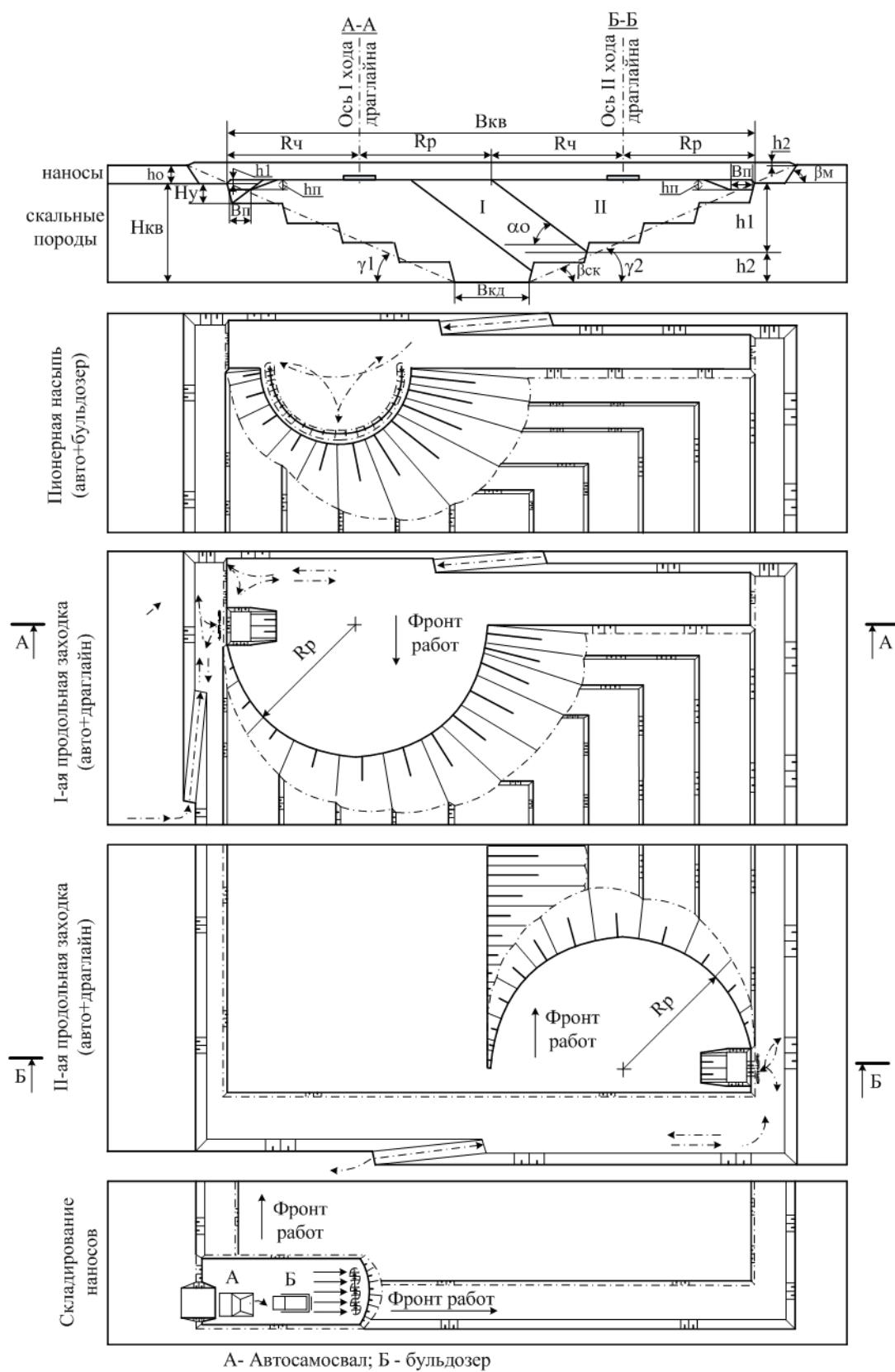


Рис. 3. Технологическая схема отвалообразования вскрышных пород драглайном в карьерной выемке смежного участка двумя продольными заходками

Fig. 3. Flow diagram of overburden dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area in two longitudinal cuts

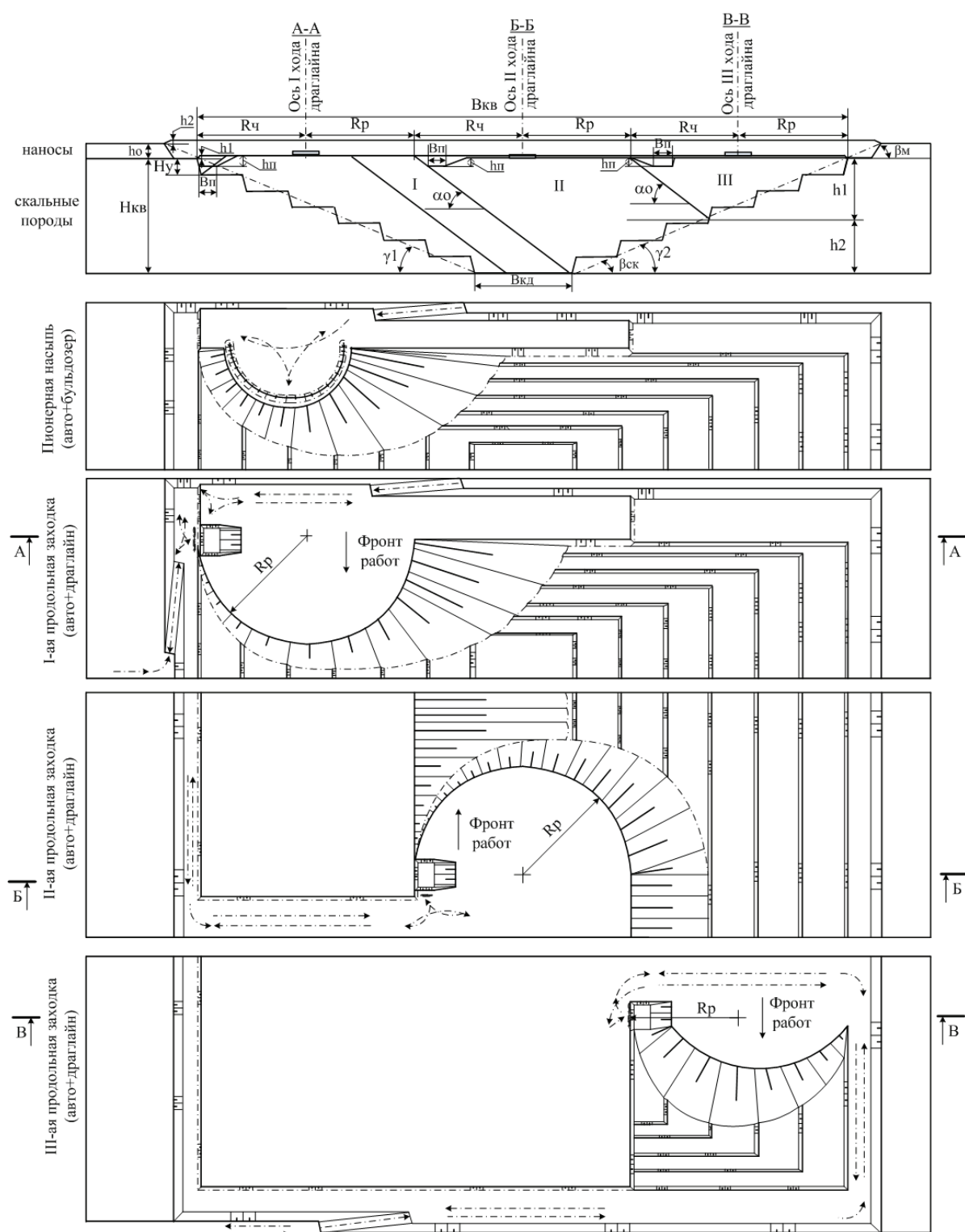


Рис. 4. Технологическая схема отвалообразования вскрышных пород драглайном в карьерной выемке смежного участка тремя продольными заходками

Fig. 4. Flow diagram of overburden dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area in three longitudinal cuts

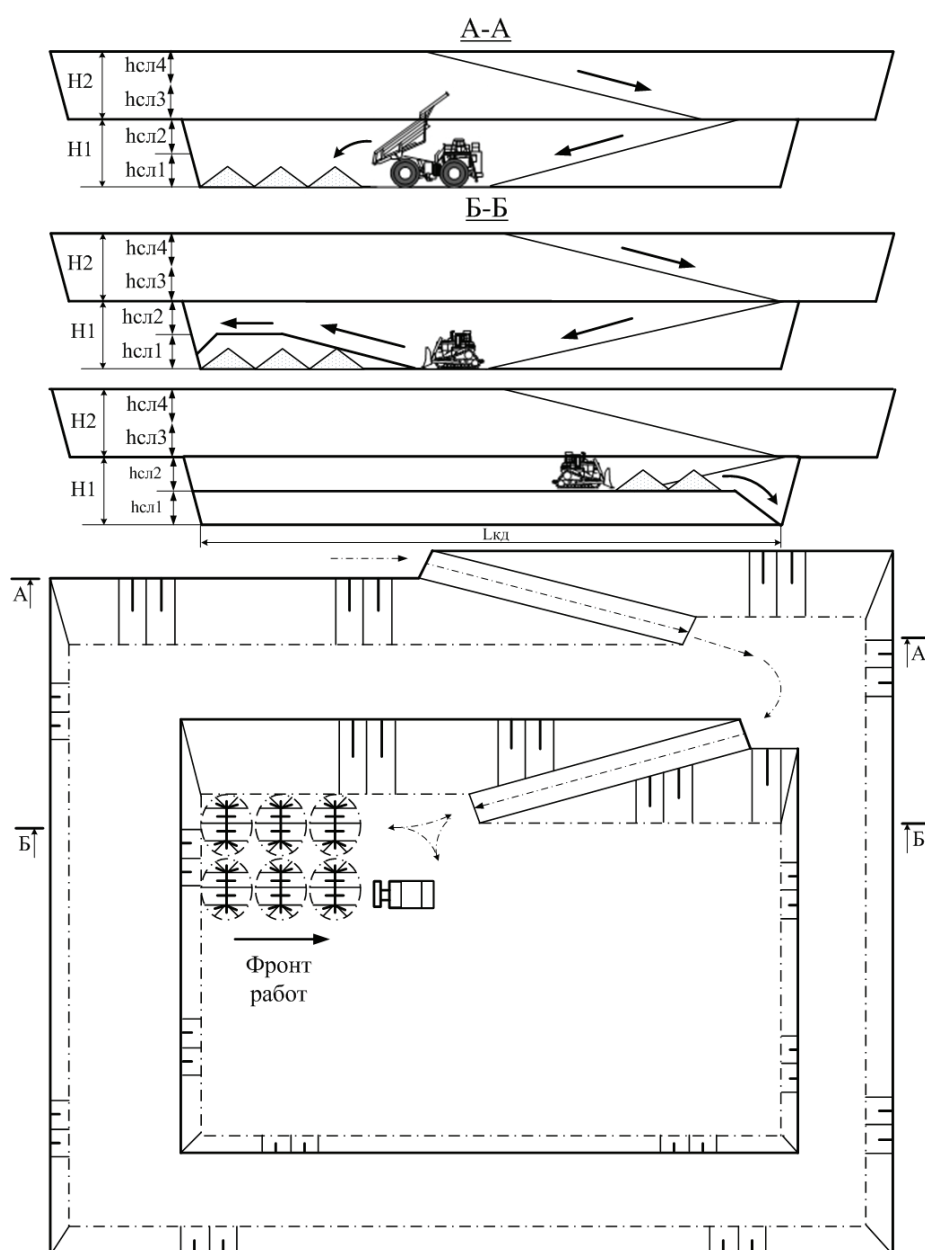


Рис. 5. Технологическая схема отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка с применением бульдозера и автомобильного транспорта

Fig. 5. Flow diagram of overburden dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area with a bulldozer and road transport

В результате расчетов по формуле (14) установлено время складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка (табл. 4).

В качестве критерия оценки эффективности отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка приняты стоимостные затраты (р./м³) в зависимости от отвального оборудования определяются по формулам (15)–(23):

- драглайн и автотранспорт

$$C_{\text{од}} = C_A + C_0 + C_B; \quad (15)$$

- бульдозер и автотранспорт

$$C_{\text{об}} = C_A + C_B, \quad (16)$$

где C_A – стоимостные затраты на автотранспортирование, р./м³; C_0 – стоимостные затраты на отвалообразование с применением драглайна, р./м³; C_B – стоимостные затраты на отвалообразование с применением бульдозера, р./м³.

Стоимостные затраты автотранспортирования вскрышных пород (р./м³) составляет:

$$C_A = \frac{C_{\text{м.с.а.}}}{Q_{\text{а.с.м}}}, \quad (17)$$

где $C_{\text{м.с.а.}}$ – стоимость машино-смены автосамосвала, р.; $Q_{\text{а.с.м}}$ – сменная производительность автосамосвала при транспортировке вскрышных пород, м³.

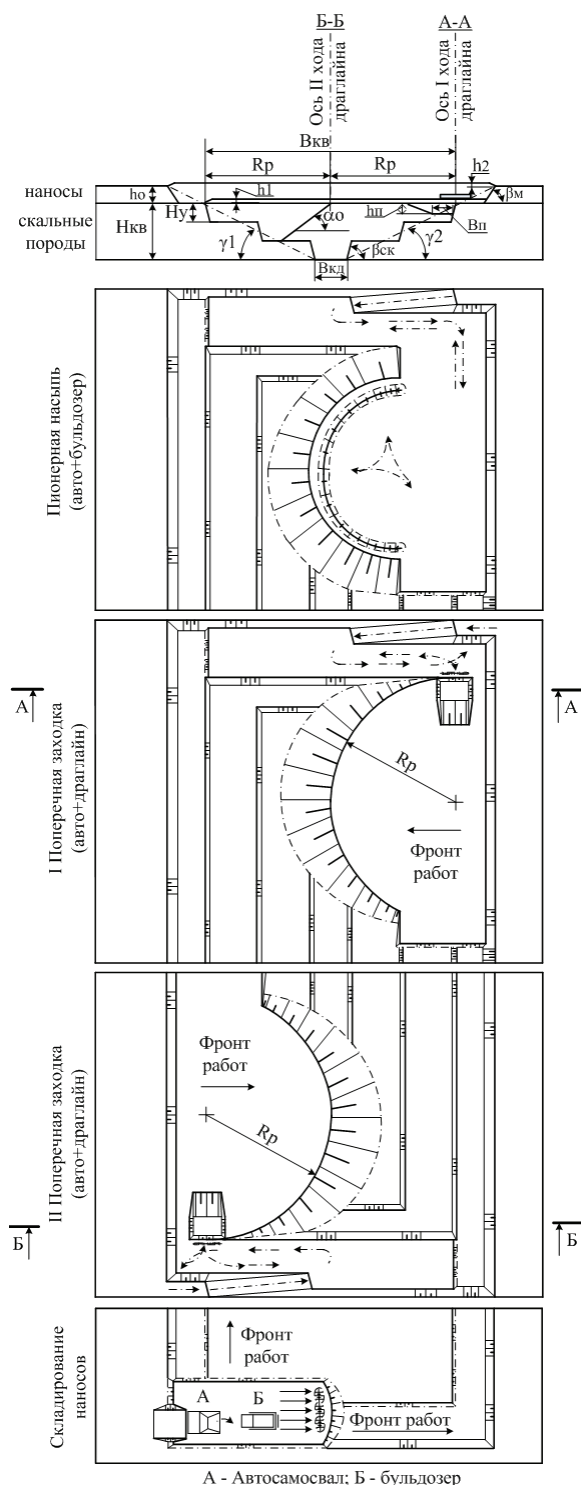


Рис. 6. Технологическая схема отвалообразования вскрышных пород драглайном в карьерной выемке смежного участка поперечными заходками

Fig. 6. Flow diagram of overburden dumping by dragline excavator in borrow excavation of the adjacent area in transverse cuts

Стоимость машино-смены автосамосвала БелАЗ (р/смену) рассчитывается в зависимости от его грузоподъемности по выражению:

$$C_{MC.A} = 461,6q^{0,82}, \quad (18)$$

где q – грузоподъемность автосамосвала, т.

Таблица 4. Время складирования вскрышных пород в карьерной выемке смежного участка

Table 4. Time of storage of overburden in borrow excavation of the adjacent area

Наименование Name	Глубина карьерной выемки (H_{KB}), м Depth of borrow excavation (H_{KB}), m		
	30	50	70
Длина карьерной выемки, км Length of borrow excavation, km	0,2–0,5	0,5–1,0	0,5–1,0
Коэффициент, учитывающий размер карьерной выемки, k Coefficient considering the size of borrow excavation, k	1,94–1,79	0,98–0,93	1,24–1,11
Объем вскрышных пород (V), млн m^3 Volume of overburden (V), million m^3	0,41–1,11	3,56–7,55	7,68–17,06
Время складирования вскрышных пород (T_{CK}), лет Time of storage of overburden (T_{CK}), years	0,24–0,66	2,10–4,46	4,53–10,07

Сменная производительность автосамосвала при транспортировке вскрышных пород определялась по выражению:

$$Q_{A.CM} = Q_{A.T} T_{CM} k_{HA}, \quad (19)$$

где $Q_{A.T}$ – техническая производительность автосамосвала, $m^3/ч$; T_{CM} – продолжительность смены ($T_{CM}=8$), ч; k_{HA} – коэффициент использования автосамосвала в течение смены ($k_{HA}=0,7–0,85$) [15].

Стоимостные затраты на отвалообразование вскрышных пород экскаватором- драглайном в карьерной выемке, $р/м^3$:

$$C_o = \frac{C_{MC}^{ЭШ}}{Q_{Э.CM}^{ЭШ}}, \quad (20)$$

где $C_{MC}^{ЭШ}$ – стоимость машино-смены экскаватора драглайна, $р$; $Q_{Э.CM}^{ЭШ}$ – сменная производительность экскаватора драглайна при отвалообразовании вскрышных пород в карьерной выемке [30], m^3 .

Стоимость машино-смены экскаватора драглайна, $р/см$:

$$C_{MC}^{ЭШ} = 316E_{ЭШ} + 6599, \quad (21)$$

где $E_{ЭШ}$ – вместимость ковша экскаватора драглайна, m^3 .

Стоимостные затраты на отвалообразование с применением бульдозера, $р/м^3$:

$$C_B = k_C \frac{C_{MC}^B}{Q_{BCM}}, \quad (22)$$

где k_C – коэффициент, учитывающий долю стоимостных затрат (на создание пионерной насыпи и скользящего съезда бульдозером $k_C=0,10–0,15$; на

бульдозерное отвалообразование $k_c=1,0$); C_{mc}^B – стоимость машино-смены бульдозера, р/см; Q_{bcm} – сменная производительность бульдозера [30], м³/см.

Таблица 5. Техничко-экономическая оценка автотранспортирования и отвалообразования вскрышных пород при групповом расположении угольных разрезов

Table 5. Feasibility calculations of transportation by cars and overburden at group location of open cuts

Наименование Name	Отвалообразование/Dumping				
	Внешний отвал External dump		Карьерная выемка Borrow excavation		
Длина дорог в карьере, км Length of roads in the quarry, km	2,13				
Длина стационарных дорог, км Length of stationary roads, km	0,10	7,00	0,10	2,00	0,10
Длина дорог на отвале (с учётом съездов), км Length of roads on the dump (taking into account ramps), km	1,16		–		
Длина дороги до места разгрузки в карьерной выемке, км Length of the road to the unloading point in the borrow excavation, km	–		0,67	0,67	2,13
Расстояние транспортирования, км Transportation distance, km	3,39	10,29	2,90	4,80	4,36
Производительность автосамосвала, м³/см Dump truck capacity, m³/cm	491,4	303,8	545,2	459,8	353,9
Стоимостные затраты на автотранспортирование (C _A), р/м³ Cost of road transportation (C _A), rbs/m³	32,39	52,39	29,19	34,61	44,97
Стоимостные затраты на отвалообразование, р/м³ Cost dumping of overburden (C _o), r/m³	36,07	56,07	33,23	38,64	49,00

Примечание. Стоимостные затраты по технологии рассчитаны при глубине карьера и карьерной выемки 70 м.

Note. Costs were calculated at borrow pit and borrow cut depth of 70 m.

Стоимость машино-смены бульдозера, р/см:

$$C_{mc}^B = 1400V_B - 560, \quad (23)$$

где V_B – вместимость отвала бульдозера, м³.

В общем виде экономия стоимостных затрат (р) на транспортирование вскрышных пород определяется выражением [30]:

$$\Delta = V_i(C_{A1} - C_{A2}), \quad (24)$$

где V_i – объём вскрышных пород, складываемый в карьерной выемке (i -отвальной заходкой), м³; C_{A1} – стоимостные затраты на автотранспортирование

вскрышных пород от забоя карьера до внешнего отвала, р/м³; C_{A2} – стоимостные затраты на автотранспортирование вскрышных пород от забоя карьера до места разгрузки в карьерной выемке смежного отвала, р/м³.

В результате расчётов по формуле (24) установлены стоимостные затраты на транспортирование 1 млн м³ вскрышных пород автосамосвалом БеАЗ-75491 грузоподъёмностью 75 т при расстоянии транспортирования 2,9 км до карьерной выемки смежного участка, в сравнении с внешним отвалом, расположенным на расстоянии 3,39 км, составляет 3,2 млн р.

В табл. 5 представлена технико-экономическая оценка автотранспортирования и отвалообразования вскрышных пород до карьерной выемки и внешнего отвала при групповом расположении угольных разрезов Караканского месторождения (рис. 1).

Выводы

1. При групповом расположении участков открытой угледобычи (Кузнецкий угольный бассейн, Караканское месторождение) для снижения изъятия земельных ресурсов необходимо складировать вскрышные породы в карьерных выемках смежных участков (прежних пользователей недр).
2. Предложена методика определения расстояний автотранспортирования вскрышных пород до карьерной выемки и внешнего отвала.
3. Предложен землесберегающий способ отвалообразования вскрышных пород при открытой разработке угольных месторождений.
4. Разработаны технологические схемы отвалообразования вскрышных пород в карьерной выемке (глубиной до 100 м) смежного участка с применением драглайна, бульдозера и автомобильного транспорта.
5. Время складирования вскрышных пород в карьерной выемке: длиной 0,2–0,5 км и глубиной 30 м составляет 0,2–0,6 года. С увеличением глубины карьерной выемки от 50 до 70 м и длины 0,5–1,0 км время складирования составит 2,1–10,0 лет.
6. Экономия стоимостных затрат на транспортирование 1 млн м³ вскрышных пород автосамосвалом БеАЗ-75491 грузоподъёмностью 75 т при расстоянии транспортирования 2,9 км до карьерной выемки смежного участка, в сравнении с внешним отвалом, расположенным на расстоянии 3,39 км, составляет 3,2 млн р.
7. Расчётами установлено, что наименьшие стоимостные затраты (32,23 р/м³) обеспечиваются способом отвалообразования вскрышных пород с карьерной выемкой смежного участка, расположенной на расстоянии 0,1 км.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Курехин Е.В. Анализ взаимного расположения карьерных полей на угольных месторождениях Кузбасса // Современные тенденции и инновации в науке и производстве: Материалы III Международной науч.-практ. конф. – Междуреченск, 2–4 апреля 2014. 2014. – С. 45–46.
2. Курехин Е.В. Обоснование технологических комплексов оборудования для разработки угольных разрезов малой производственной мощности с учётом показателей эффективности использования земельных ресурсов // ФТПРПИ. – 2015. – № 5. – С. 35–42.
3. Гавришев С.Е., Бурмистров К.В., Колонюк А.А. Интенсивность формирования рабочей зоны глубоких карьеров: монография. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. тех. ун-та им. Г.И. Носова, 2013. – 189 с.
4. Закон РФ от 21.02.1992 г. № 2395–1 (ред. от 30.12.2012. Статья 17.1) «О недрах». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (дата обращения: 10.02.2017).
5. Постановление коллегии Администрации Кемеровской области «Об утверждении «Порядка определения размера арендной платы, порядка, условий и сроков внесения арендной платы за использование земельных участков, государственная собственность на которые не разграничена, на территории Кемеровской области»» (от 5 февраля 2010 года № 47, с изменениями на 19 сентября 2013 года). URL: <http://docs.cntd.ru/document/990309922> (дата обращения: 10.02.2017).
6. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых» (утверждены приказом Ростехнадзора от 11.12.2013, № 599, зарегистрированы в Минюсте России 02.06.2014 г. № 32935). Сер. 03. Вып. 78. – М.: ЗАО НТЦ исследований проблем промышленной безопасности, 2014. – 276 с.
7. Ческидов В.И. Очередность отработки пологих и наклонных угольных пластов с размещением вскрышных пород во внутренних отвалах: автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 1999. – 52 с.
8. Lee B.B. A Landslide victory // Coal Age. – 2011. – № 5 (116). – P. 48–52.
9. Lee B.B. Back from the Brink // Coal Age. – 2011. – № 8 (116). – P. 48–52.
10. Carter R. Tracks & Treads: Dozers and Loaders Dig into Production Support Roles // Coal Age. – 2011. – № 2 (117). – P. 29–33.
11. Steve F. A new World Order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus and unveils its future intentions // Coal Age. – 2011. – № 10 (116). – P. 30–35.
12. Schmidt D. The Art of the Move. Top Texas lignite producer Luminant takes on not just one, but four, major dragline moves – and with enviable results // Coal. – 2015. – № 11 (120). – P. 24–27.
13. Fisor S. North American Coal Opens Coyote Creek. A refurbished AC-powered dragline moves overburden for new lignite mining operation // Coal. – 2016. – № 5 (121). – P. 20–25.
14. Sharp R., Constancon Ch. New Options for Dragline Maintenance Optimize Production Performance. Technological innovations can help optimize and in some cases reduce maintenance and inspection workloads // Coal. – 2016. – № 8 (121). – P. 34–37.
15. Study on new pattern of semi-continuous mining system used in surface mines / Ch. Shu-zhao, C. Qing-xiang, Zh. Wei, Zh. Lei // The 6th International Conference on Mining Science & Technology. Procedia Earth and Planetary Science 1. – Amsterdam, the Netherlands, 2009. – P. 243–249.
16. Arshi An. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method // Saudi Journal of Biological Sciences. – 2017. – № 24. – P. 371–378.
17. Atmospheric dispersion modelling of the fugitive particulate matter from overburden dumps with numerical and integral models / K.E. Kakosimos, M.J. Assael, Jh.S. Lioumbas, A.S. Spiridis // Atmospheric Pollution Research. – 2011. – № 2. – P. 24–33.
18. Vegetation succession and soil infiltration characteristics under different aged refuse dumps at the Heidaigou opencast coal mine / Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang // Global Ecology and Conservation. – 2015. – № 4. – P. 255–263.
19. Environmental assessment and nano-mineralogical characterization of coal, overburden and sediment from Indian coal mining acid drainage / Madhulika Dutta, Jyotilima Saikia, S.R. Taffarel, F.B. Waanders, D. de Medeiros, C.M.N.L. Cutruneo, L.F.O. Silva, B.K. Saikia // Geoscience Frontiers. – 2017. – № XXX. – P. 1–13.
20. Connolly M., Jessetta A. Integrated Support Centres – the future of dragline fleet monitoring // Procedia Engineering. – 2014. – № 83. – P. 90–99.
21. Mapping surface deformation in open pit iron mines of Carajás Province (Amazon Region) using an integrated SAR analysis / W.R. Paradella, A. Ferretti, J.C. Mura, D. Colombo, F.F. Gama, A. Tamburini, A.R. Santos, F. Novali, M. Galoc, P.O. Camargo, A.Q. Silva, G.G. Silva, A. Silva, L.L. Gomes // Engineering Geology. – 2015. – № 193. – P. 61–78.
22. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация. – М.: Недра, 1985. – 552 с.
23. Типовые технические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. Корпорация «Уголь России». Российская фирма «Уголь открытых работ». Научно-исследовательский и опытно-конструкторский институт по достижению полезных ископаемых открытым способом. – М.: Недра, 1982. – 405 с.
24. Типовые технологические схемы ведения горных работ на угольных разрезах. Корпорация «Уголь России». Российская фирма «Уголь открытых работ». Научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт по добыче полезных ископаемых открытым способом. НИИОГР. – Челябинск, 1991. – 350 с.
25. Альбом оптимальных инженерных решений при производстве горно-вскрышных работ в нетиповых условиях на строительстве и реконструкции разрезов. – Кемерово: КузНИИшахтстрой, 1989. – 168 с.
26. Межгосударственный стандарт. Охрана природы земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации. ГОСТ 17.5.1.02–85. – Охрана природы. Земли: Сб. ГОСТов. – М.: ИПК Изд-во стандартов, 2002. – 9 с.
27. Деревяшкин И.В. Основы горного дела. Открытые горные работы. – М.: Изд-во МГОУ, 2011. – 259 с.
28. Бурмистров К.В., Заляднов В.Ю. Процессы открытых горных работ. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. Гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. – 222 с.
29. Открытые горные работы / сост.: М.М. Шамсутдинов, Э.В. Лупинин. – Бишкек: Изд-во КРСУ, 2015. – 182 с.
30. Сысоев А.А., Литвин О.И., Литвин Я.О. Инженерно-экономические расчеты при обосновании технологических решений на разрезах. – Кемерово: КузГТУ, 2015. – 127 с.

Поступила 03.04.2017 г.

Информация об авторах

Курехин Е.В., кандидат технических наук, доцент кафедры открытых горных работ Горного института Кузбасского государственного технического университета им. Т.Ф. Горбачёва.

UDC 622.271

FLOW DIAGRAMS OF OVERBURDEN DUMPING IN BORROW EXCAVATION OF THE ADJACENT AREA

Evgeny V. Kurekhin,

ogdm@yandex.ru

T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University,
28, Vesenniyaya street, Kemerovo, 650000, Russia.

The relevance of the discussed issue is caused by group location of open pit mining and by restriction of areas for outside dumping. The development of open mining of coal deposits in areas with a group location is facilitated by relatively low investments, rapid commissioning, low cost of aton of coal. It should be noted that the development of a large number of sites with limited reserves deteriorates ecological situation. In this regard, in order to solve the long-term development of open works in Kuzbass, the requirements to reduce the negative impact on ecology of the region by coal mines are put forward. One of the directions for solving this issue is the design of the technology for developing plots, taking into account the requirements of the environment and, first of all, the reduction of the land absorption by dumping rock in the internal dumps and in borrow excavation of the adjacent area.

The main aim of the study is to develop the technology of overburden dumping in a borrow excavation of the adjacent area and feasibility study of a new method; to justify the parameters of longitudinal and transverse overburden dumping in a borrow excavation of the adjacent area using dragline, dozer and automobile transport; to develop the technique for determining overburden transportation distances at their group location in open pit mining; to develop the technological schemes of overburden dumping in a borrow excavation of the adjacent area applying Microsoft Office Visio.

The methods used in the study: system analysis in the study of spatial arrangement of the open areas of coal mining, modeling overburden dumping and feasibility calculations using the software (Microsoft Office Excel).

The results. The author has developed the techniques of overburden dumping in a borrow excavation of the adjacent area with longitudinal and transverse storage. Land-saving dumping increases the efficiency of open coal mining. The use of a borrow excavation of the adjacent section will allow reducing the cost of overburden transportation by road. The proposed technological schemes can be used in designing new areas of open coal mining with group location.

Key words:

Open pit mining, group location of open pit mining, overburden storage, borrow excavation of the adjacent area, transport distance, excavator-dragline, technological schemes of dumping in borrow excavation.

REFERENCES

1. Kurekhin E.V. Analiz vzaimnogo raspolozheniya karyernykh poley na ugolnykh mestorozhdeniyakh Kuzbassa [Analysis of relative location of mine fields in coal deposits of Kuzbass]. *Materialy III Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Proc. of the III International Scientific-Practical Conference]. Mezhdunarodnyy nauchno-prakticheskiy sbornik, 2014. pp. 45–46.
2. Kurekhin E.V. Obosnovaniye tekhnologicheskikh kompleksov oborudovaniya dlya razrabotki ugolnykh razrezov maloy proizvodstvennoy moshchnosti s uchetom pokazateley effektivnosti ispolzovaniya zemelnykh resursov [Substantiation of technological complexes of equipment for developing coal mines of small production capacity, taking into account indicators of land use efficiency]. *Journal of Mining Science*, 2015. vol. 51, no. 5, pp. 35–42.
3. Gavrishev S.E., Burmistrov K.V., Kolonyuk A.A. *Intensivnost formirovaniya rabochey zony glubokikh karyerov* [Intensity of formation of working zone of deep quarries]. Magnitogorsk, G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University Publ. house, 2013. 189 p.
4. Zakon RF. 21.02.1992 g. № 2395–1. 30.12.2012. Statya 17.1. *O nedrah* [Law of the Russian Federation. On the bowels]. Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_343/ (accessed 10 February 2017).
5. Postanovleniye kollegii Administratsii Kemerovskoy oblasti «Ob utverzhdenii «Poryadka opredeleniya razmera arendnoy platy, poryadka, usloviy i srokov vneseniya arendnoy platy za ispolzovaniye zemelnykh uchastkov, gosudarstvennaya sobstvennost na koto-rye ne razgranichena, na territorii Kemerovskoy oblasti» No. 47 (05.02.2010, 19.09.2013) [The Decree of the Board of the Kemerovo Region Administration «On Approval of the Procedure for De-termining the Size of Rent, the Procedure, Terms and Time of Making a Rent for the Use of Land Plots, State Ownership of Which Is Not Separated, in the Territory of the Kemerovo Region». No. 47 (05.02.2010, 19.09.2013)]. Available at: <http://docs.cntd.ru/document/990309922> (accessed 10 February 2017).
6. *Federalnye normy i pravila v oblasti promyshlennoy bezopasnosti «Pravila bezopasnosti pri vedenii gornykh rabot i pererabotke tverdykh poleznykh iskopayemykh» (utverzhdeny prikazom Ros-tekhnadzora (11.12.2013, № 599, zaregistrirrovany v Minyuste Rossii 02.06.2014 g. № 32935. Ser. 03. Vyp 78.)* [Federal rules and regulations in the field of industrial safety «Safety rules for mining and processing of solid minerals». Moscow, 2014. 276 p.
7. Cheskidov V.I. *Ocherednost otrabotki pologikh i naklonnykh ugolnykh plastov s razmeshcheniem vskryshnykh porod vo vnutrennikh otvalakh. Dis. Dokt. nauk* [The order of mining of shallow and inclined coal seams with overburden placement in internal dumps. Dr. Diss]. Novosibirsk, 1999. 52 p.
8. Lee B.B. A Landslide victory. *Coal Age*, 2011, no. 5 (116), pp. 48–52.
9. Lee B.B. Back from the Brink. *Coal Age*, 2011, no. 8 (116), pp. 48–52.
10. Carter R. Tracks & Treads: Dozers and Loaders Dig into Production Support Roles. *Coal Age*, 2011, no. 2 (117), pp. 29–33.
11. Steve F. A new World Order for Mining OEMs. Cat integrates Bucyrus and unveils its future intentions. *Coal Age*, 2011, no. 10 (116), pp. 30–35.
12. Schmidt D. The Art of the Move. Top Texas lignite producer Luminant takes on not just one, but four, major dragline moves – and with enviable results. *Coal*, 2015, no. 11 (120), pp. 24–27.
13. Fiscor S. North American Coal Opens Coyote Creek. A refurbished AC-powered dragline moves overburden for new lignite mining operation. *Coal*, 2016, no. 5 (121), pp. 20–25.

14. Sharp R., Constancon Ch. New Options for Dragline Maintenance Optimize Production Performance. Technological innovations can help optimize and in some cases reduce maintenance and inspection workloads. *Coal*, 2016, no. 8 (121), pp. 34–37.
15. Shu-zhao Ch., Qing-xiang C., Wei Zh., Lei Zh. Study on new pattern of semi-continuous mining system used in surface mines. *The 6th International Conference on Mining Science & Technology. Procedia Earth and Planetary Science 1*. Amsterdam, the Netherlands, 2009. pp. 243–249.
16. Arshi An. Reclamation of coalmine overburden dump through environmental friendly method. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 2017, no. 24, pp. 371–378.
17. Kakosimos K.E., Assael M.J., Lioumbas Jh.S., Spiridis A.S. Atmospheric dispersion modelling of the fugitive particulate matter from overburden dumps with numerical and integral models. *Atmospheric Pollution Research*, 2011, no. 2, pp. 24–33.
18. Huang Lei, Zhang Peng, Hu Yigang, Zhao Yang. Vegetation succession and soil infiltration characteristics under different aged refuse dumps at the Heidaigou opencast coal mine. *Global Ecology and Conservation*, 2015, no. 4, pp. 255–263.
19. Madhulika Dutta, Jyotilima Saikia, Taffarel S.R., F Waanders.B., De Medeiros D., Cutruneo C.M.N.L., Silva L.F.O., Saikia B.K. Environmental assessment and nano-mineralogical characterization of coal, overburden and sediment from Indian coal mining acid drainage. *Geoscience Frontiers*, 2017, no. XXX, pp. 1–13.
20. Connolly M., Jessetta A. Integrated Support Centres – the future of dragline fleet monitoring. *Procedia Engineering*, 2014, no. 83, pp. 90–99.
21. Paradella W.R., Ferretti A., Mura J.C., Colombo D., Gama F.F., Tamburini A., Santos A.R., Novali F., Galoc M., Camargo P.O., Silva A.Q., Silva G.G., Silva A., Gomes L.L. Mapping surface deformation in open pit iron mines of Carajás Province (Amazon Region) using an integrated SAR analysis. *Engineering Geology*, 2015, no. 193, pp. 61–78.
22. Rzhvsky V.V. *Otkrytye gornye raboty. Ch. 2. Tekhnologiya i kompleksnaya mekhanizatsiya* [Open mining operations. P. 2. Technology and complex mechanization]. Moscow, Nedra Publ., 1985. 552 p.
23. Tipovye tekhnologicheskiye skhemy vedeniya gornyykh rabot na ugolnykh razrezakh (ministerstvo ugolnoy promyshlennosti SSSR [Typical technological schemes of mining on coal cuts (Ministry of Coal Industry of the USSR)]. Moscow, Nedra Publ., 1982. 405 p.
24. Tipovye tekhnologicheskiye skhemy vedeniya gornyykh rabot na ugolnykh razrezakh [Typical technological schemes for mining operations on coal mines]. Chelyabinsk, NIOGR, 1991. 350 p.
25. *Albom optimalnykh inzhenernykh resheniy pri proizvodstve gornovskryshnykh rabot v netipovykh usloviyakh na stroitelstve i rekonstruktsii razrezov* [Album of optimal engineering solutions at mining and overburden works in atypical conditions for construction and reconstruction of sections]. Kemerovo, KuzNI-Ishakhtstroy Publ., 1989. 168 p.
26. *Mezhdgosudarstvenny standart. Okhrana prirody zemli. Klassifikatsiya narushennykh zemel dlya rekultivatsii. GOST 17.5.1.02–85. – Okhrana prirody. Zemli. Sb. GOSTov* [Interstate standard. Protection of the nature of the earth. Classification of disturbed lands for reclamation. SS 17.5.1.02–85. Protection of Nature]. Moscow, IPK Publishing Standards, 2002. 9 p.
27. Derevyashkin I.V. *Osnovy gornogo dela. Otkrytye gornye raboty* [Fundamentals of mining. Open mining operations]. Moscow, MGOU Publ., 2011. 259 p.
28. Burmistrov K.V., Zalyadnov V.Yu. *Protsessy otkrytykh gornyykh rabot* [Open mining]. Magnitogorsk, G.I. Nosova Magnitogorsk State Technical University Press, 2014. 222 p.
29. Shamsutdinov M.M., Lupinin E.V. *Otkrytye gornye raboty* [Open mining]. Bishkek, KRSU Publ., 2015. 182 p.
30. Sysoev A.A., Litvin O.I., Litvin Ya.O. *Inzhenerno-ekonomicheskie raschety pri obosnovanii tekhnologicheskikh resheniy na razrezakh* [Engineering and economic calculations in substantiating technological decisions on sections]. Kemerovo, KuzGTU Publ., 2015. 127 p.

Received: 3 April 2017.

Information about the authors

Evgeny V. Kurekhin, Cand. Sc., associate professor, T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University.