



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗНОСА СТУПЕНЧАТОГО БОРТА КАРЬЕРА ПРИ ПОЭТАПНОЙ РАЗРАБОТКЕ НАГОРНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Мислибаев Илхом Туйчибаевич – д.т.н., проф., декан Горного факультета, Навоийского государственного горно-технологического университета.

Самадова Гули Миржановна – декан Горного факультета Таджикистанского государственного горного института.

Аннотация. На этой статье сделан анализ классической поэтапной разработка нагорных месторождений, рассмотрены динамика развития ступенчатого борта карьера на графоаналитической модели, формирование поперечного профиля месторождения, развитие борта карьера при поэтапной разработке месторождения, также процесс формирования и разноса самого нижнего целика.

Ключевые слова: ступенчатый борт карьера, графоаналитическая модель, вскрытия, поперечный профиль, рабочий горизонт, косогор, целик, интенсификация горных работ.

ТОҒЛИ ҲУДУДЛАРДАГИ КОНЛАРНИ БОСҚИЧЛАРГА БЎЛИБ ҚАЗИБ ОЛИШДА КАРЬЕРНИНГ ҚАТЛАМЛАРГА БЎЛИНГАН БОРТЛАРИНИ ШАКЛЛАНТИРИШ ВА ҚАЗИБ ОЛИШ ЖАРАЁНИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

Мислибаев Илхом Туйчибаевич – Навоий давлат кончилиги ва технология университети “Кончилик” факультети декани, т.ф.д., проф.

Самадова Гули Миржановна – Тожикистон давлат кончилиги институти “Кончилик” факультети декани

Аннотация. Ушбу мақолада тоғли ҳудудлардаги конларни ананавий кетма-кет қазиб олиш таҳлил қилинган, графо-аналитик моделда карьер бортларини қатламларга бўлишнинг ривожланиш динамикаси, коннинг кўндаланг профили шаклланиши, конни кетма-кет қазиб олишда карьер бортининг шаклланиши, шунингдек, энг пастки сақловчи бутунликнинг шаклланиши ва уни қазиб олиш жараёни кўриб чиқилган.

Калит сўзлар: карьернинг қатламли борти, графо-аналитик, очиш, кўндаланг профил, ишчи горизонт, тоғ ён бағри, сақловчи бутунлик, кон ишларини жадаллаштириш.

INVESTIGATION OF THE PROCESS OF FORMATION AND SPACING OF THE STEPED BOARD OF THE QUARRY DURING THE STAGED DEVELOPMENT OF THE UPLAND DEPOSITS.

Mislibayev Ilkhom Tuychibayevich - Dean of the Faculty of Mining, Navoi State Mining and Technology University, DSc., prof.

Samadova Guli Mirzhanovna - Dean of the Mining Faculty of the Tajikistan State Mining Institute



Annotation. This article analyzes the classic phased development of upland deposits, considers the dynamics of the development of a stepped pit wall on a graph-analytical model, the formation of a transverse profile of the deposit, the development of the pit wall during the phased development of the deposit, and the process of formation and separation of the lowest pillar.

Key words: stepped quarry wall, graph-analytical model, openings, transverse profile, working horizon, slope, pillar, mining intensification.

Как известно “нависающие” объемы горно-капитальной вскрыши предпочтительно обрабатывать по возможности с более крутым рабочим бортом. Но одновременно порядок отработки месторождения должен обеспечивать и благоприятный режим горных работ. При традиционной технологии с использованием продольной одно бортовой системы разработки выполнить оба эти требования не удастся.

Некоторые возможности в этом плане заключены в поперечной системе разработки или отработке горизонтов панелями [1,2]. Указывается, что здесь можно добиться более устойчивого, чем при продольной системе, режима работ по вскрыше и добыче. Но так как горные работы все равно придется проводить сверху вниз, начиная с верхнего контура карьерного поля, то ввод карьера в эксплуатацию в нормативные сроки отнюдь не гарантируется из-за значительного превышения начальных вскрывающих выработок над рудным телом. Если же начинать панельную отработку с промежуточных отметок на склоне, то тогда она превратится в известный вариант поэтапной разработки с чередующимися целиками [3] или в разработку с зонами концентрации [4]. При повороте панелей на некоторый угол получается разработка диагональными блоками [5]. При применении продольной системы разработки от промежуточных врезок в косогор, также будет поэтапная разработка со смещением по высоте склона рабочих зон и выстраиванием временно нерабочих бортов (целиков) [6]. Все эти варианты объединяет одна активная работа на пологих участках рабочей зоны и полное ее прекращение на крутых участках на временно нерабочих бортах или временных целиках. Таким образом, мы неизбежно переходим от сплошной к ступенчатой форме рабочего борта, присущей поэтапной разработке.

Характерным признаком классической поэтапной разработки является наличие чередующихся по вертикали временно нерабочих бортов (целиков) и пологих участков рабочего борта (зон концентрации работ). При этом реализуется важное достоинство поэтапной разработки, возможность перейти от единственной первоначальной врезки в косогор на самой верхней отметке карьерного поля к нескольким относительно независимым друг от друга врезкам по всей высоте склона над залежью. Тем самым удастся приблизить вскрывающие полтраншеи к рудному телу и быстрее его обнажить в процессе строительства карьера. После сдачи карьера в эксплуатацию поэтапная разработка позволяет рассредоточить во времени «нависающие» объемы вскрыши и улучшить режим горных работ.

Однако, наряду с достоинствами поэтапная разработка имеет один существенный недостаток, отмечаемый производителями, но не получивший должной оценки в научной литературе, а именно, хроническую нехватку вскрытых запасов руды. Косвенное подтверждение этого можно встретить в работе, где приводится календарный график изменения площади добычной зоны при поэтапной разработке с чередующимися целиками. Из графика видно, что данная площадь периодически меняется от максимального значения до минимального. Логично предположить, что возможны и полные сбои в добыче руды при отставании в разnose породных целиков над залежью. Это особенно заметно при маломощных рудных телах, когда размеры целиков (их высоты при подходе к рудной зоне) сравнимы с мощностями залежей. Отмеченный недостаток ограничивает требуемую интенсивность добычных работ и, следовательно, производительность карьера по руде. Ниже механизм создания вскрытых запасов при поэтапной разработке исследуется более подробно.

Основное содержание поэтапной разработки, как известно, состоит в формировании и разnose породных целиков (временно нерабочих бортов) с целью перераспределения во времени текущих, в том числе «нависающих» объемов вскрыши. Рассмотрим динамику развития ступенчатого борта карьера на графоаналитической модели поперечного профиля месторождения (рис.1) [7].

Эту динамику можно охарактеризовать годовой скоростью перемещения фронта горных работ на различных участках борта. В свою очередь, она определяется вертикальной и горизонтальной составляющими. В пределах рудной зоны (рис.1.а) между составляющими скорости существует следующая связь:

$$h_r^* = \frac{l_r^* \cdot \sin \gamma_{p1}' \cdot \sin \alpha_3}{\sin(\alpha_3 - \gamma_{p1}')} , \text{ м/год.} \quad (1).$$

где h_r^* и l_r^* - соответственно вертикальная и горизонтальная скорость перемещения фронта добычных работ, м/год; γ_{p1}' - угол рабочего борта под нижним целиком, град.; α_3 - угол залегания рудного тела, град.

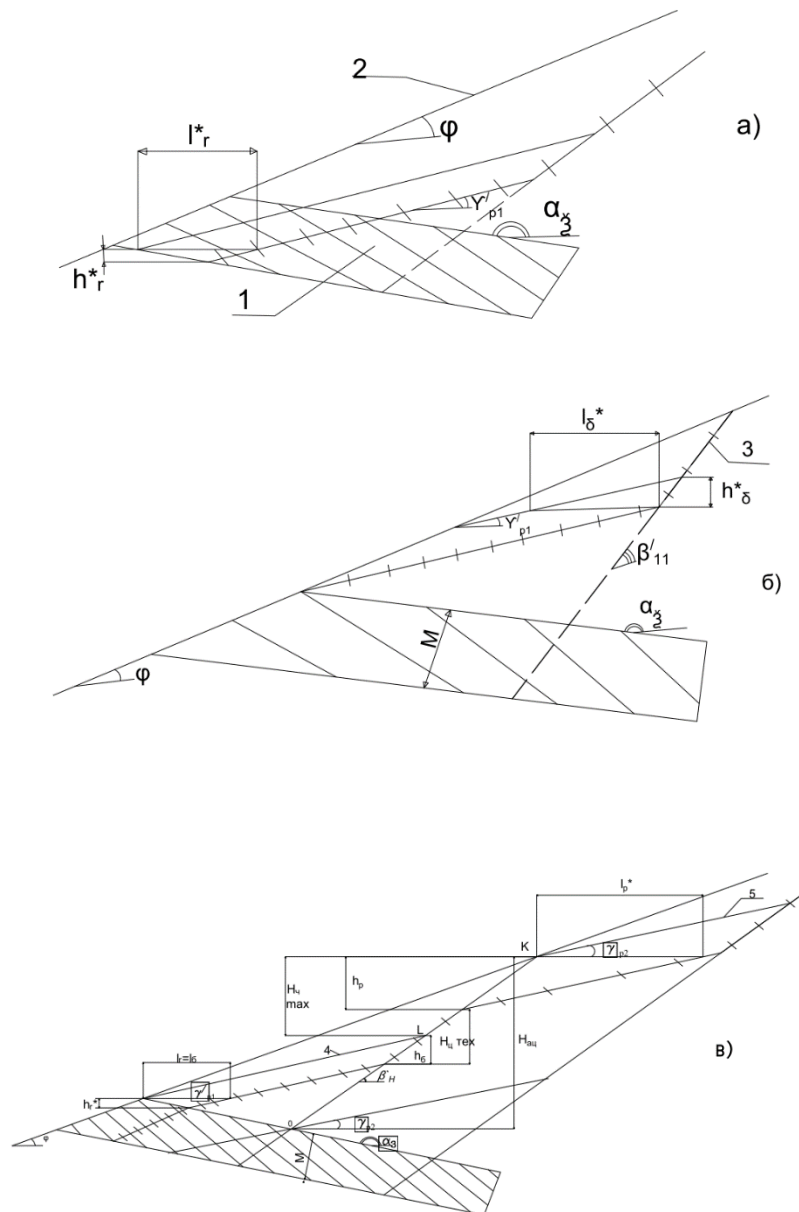


Рис. 1. Развитие борта карьера при поэтапной разработке месторождения: а - перемещение фронта работ в рудной зоне; б - формирование нижнего породного целика; в - итоговая: схема развития ступенчатого борта карьера, ———— положение



борта при углублении работ на величину h_r^ ; 1 - рудное тело; 2 - склон горы; 3 - породный целик; 4 и 5- рабочий борт соответственно под и над целиком, 6 - рабочий борт после полного разноса целика. Другие обозначения см. в тексте.*

Если над залежью создать временный породный целик или временно нерабочий борт (ВНБ) путем промежуточной врезки в склон горы (рис.1.б), то развиваться будет только пологий участок борта. Горизонтальная составляющая скорости подвигания фронта работ на данном участке будет одинакова по всей его высоте и равна l_r^* . С этой же скоростью по горизонтали l_δ^* будет формироваться и целик, т.е. $l_r^* = l_\delta^*$

Что касается вертикальной скорости формирования целика h_δ^* , то ее следует измерять по контуру ВНБ (рис.1.б). Численно она связана с параметром h_r^* в следующем соотношении:

$$h_\delta^* = \frac{h_r^* \cdot \sin(\alpha_3 - \gamma'_{p1}) \cdot \sin \beta'_{11}}{\sin \alpha_3 \cdot \sin(\beta'_{11} - \gamma'_{p1})}, \text{ м/год} \quad (2.)$$

β'_{11} - угол откоса нижнего целика, град.

В соответствии с сущностью поэтапной разработки, для предотвращения перерыва в добыче руды породный целик должен быть ликвидирован (разнесен) до сокращения размеров рабочей зоны по руде. С этой целью над целиком открывается дополнительный фронт работ от следующей по высоте врезки в косогор, так появляется вторая пологая ступень борта (рис.1.в). Из-за более позднего начала горных работ на ней и большой высоты от второй врезки до кровли залежи для слияния обоих рабочих бортов в рудной зоне (в точке 0, рис. 1., в) вторая ступень должна опускаться с большей скоростью, чем первая.

В итоге, при наличии в ступенчатом борту карьера нескольких целиков скорость разноса каждого из них должна возрастать по мере удаления от кровли рудного тела. Это возрастание будет пропорционально степени превышения каждой новой врезки в косогор над рудным телом. Соответственно, максимальная скорость подвигания фронта работ должна быть развита от самой верхней врезки в косогор. Ясно, что она не может быть беспредельной, будучи технологически ограниченной.

Достигнутая максимальная скорость, как следует из предыдущего рассуждения, должна затем обязательно снижаться на всех нисходящих пологих ступенях борта вплоть до рудной зоны, чтобы породные целики вовремя срабатывались. Минимальная скорость подвигания фронта работ будет, следовательно, на самой нижней ступени борта, т.е. в рудной зоне. Таким образом, имеется фактор снижения интенсивности добычных работ при поэтапной разработке нагорного месторождения.

Выразим выявленную закономерность аналитически. С этой целью рассмотрим процесс формирования и разноса самого нижнего целика более подробно (рис. 1., в). По мере развития горных работ от второй врезки рабочий борт второй ступени достигнет верхней бровки целика на косогоре, целик будет иметь здесь максимальную высоту $H_{ц max}^*$. С этого момента высота целика будет сокращаться, т.к. разнос его будет происходить более интенсивно, чем продолжающееся формирование. Вертикальные составляющие скоростей формирования h_δ^* и разноса h_p^* целика связаны следующим соотношением:

$$h_p^* = \frac{H_{acc} \cdot h_\delta^*}{H_{acc} - H_{ц max}}, \text{ м/год} \quad (3)$$

где, кроме указанных выше величин,

H_{acc} - превышение первой врезки над кровлей рудного тела (по линии откоса ВНБ).

Отсюда

$$H_{ц max} = H_{acc} \left(1 - \frac{h_\delta^*}{h_p^*}\right) \text{ м} \quad (4)$$

Формулу (4.3) можно представить в другом виде:

$$\frac{h_\delta^*}{h_p^*} = \frac{H_{acc} - H_{ц max}}{H_{ц max}} = \Delta_{отн} \quad (5)$$

где величина $\Delta_{отн}$ показывает снижение скорости формирования целика относительно скорости его разноса и может быть названа коэффициентом относительного снижения интенсивности горных работ под целиком, из-за его наличия (зависимость показана на рис.2).

$$\Delta_{отн} = f(H_{ац}; H_{ц max})$$

Если теперь взять ступенчатый борт карьера из нескольких целиков, то к любому из них применима формула (5). Начиная от самой верхней врезки в косогор, скорость формирования каждого нижележащего целика будет составлять лишь долю $\Delta_{отн}$ от скорости его разноса. В результате, можно вычислить коэффициент абсолютного снижения интенсивности горных работ $\Delta_{абс}$ в основании самого нижнего целика:

$$\Delta_{абс} = \prod_{i=1}^n \Delta_{отн_i} \quad (6)$$

где $\Delta_{отн_i}$ - коэффициент относительного снижения интенсивности горных работ на i -ом целике.

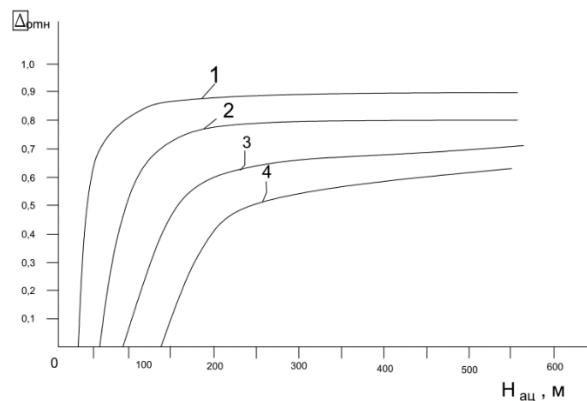


Рис. 2. Зависимость коэффициента снижения интенсивности горных работ от превышения врезки в косогор над кровлей залежи при изменении высоты целика $H_{ц max}$ от 30 до 120 м с интервалом в 30 м (соответственно кривые 1, 2, 3, 4).

Формула (5) верна при равенстве углов откосов пологих ступеней борта между собой $\gamma'_{p1} = \gamma'_{p2} = \dots = \gamma'_{pi} = \dots = \gamma'_{pn}$ и целиков $\beta'_{11} = \beta'_{12} = \dots = \beta'_{1i} = \dots = \beta'_{1n}$

Таким образом, для нахождения вертикальной составляющей скорости формирования самого нижнего целика $h_{\delta 1}^*$ следует скорость разноса самого верхнего целика, лимитирующего, как говорилось выше, общую интенсивность отработки месторождения, h_{pn}^* умножить на коэффициент $\Delta_{абс}$, т.е.

$$h_{\delta 1}^* = h_{pn}^* \cdot \Delta_{абс} \quad (7)$$

Проиллюстрируем полученные выше соотношения численным примером, Примем два целика с максимальной высотой каждого $H_{ц1 max} = H_{ц2 max} = 60$ м. Превышение врезок в косогор над кровлей рудного тела: первой - $H_{ац1} = 94$ второй - $H_{ац2} = 190$ м. Скорость разноса второго (верхнего) целика $h_{p2}^* = 40$ м/год. Углы откосов рабочих бортов во всех трех ступенях 15° , целиков - 45° .

Величина коэффициента $\Delta_{отн}$ составит: для первого целика

$$\Delta_{отн_1} = \frac{94-60}{94} = 0,36; \text{ для второго - } \Delta_{отн_2} = \frac{190-60}{190} = 0,68.$$

Коэффициент $\Delta_{абс}$, будет равен $\Delta_{абс} = 0,36 \cdot 0,68 = 0,25$.

Следовательно, скорость формирования первого (нижнего) целика $h_{\delta 1}^*$ будет составлять лишь 0,25 скорости разноса второго, т.е. $h_{\delta 1}^* = 0,25 \cdot 40 = 10$ м/год.

Использованные литературы:

1. Анистратов Ю.И. Исследование технологического режима открытых горных работ в © International Journal of Advanced Technology and Natural Sciences Vol. 3(2) 2022 SJ IF=3.943



сложных топографических и суровых климатических условиях. Канд. дисс. М., МГИ, 1962. - 195 с.

2. Ржевский В.В., Анистратов Ю.И., Ильин С.А. Открытые горные работы в сложных условиях. М., Недра, 1964. – 342 с.

3. Кумачев К.А., Майминд В.Я. Проектирование железорудных карьеров. М., Недра, 1991. – 142 с.

4. Докучаев М.М., Васильев Г.А. Вскрытие нагорных месторождений с помощью массовых взрывов на сброс. Известия вузов. Горный журнал. -1959. № 7. –С. 53-62.

5. Юматов Б.П., Бунин Ж.В. Строительство и реконструкция рудных карьеров. М., Недра, 1988. – 232 с.

6. Охрименко Н.И., Асарбаев К.А., Аввакумов А.Л. Разработка карьеров на крутих естественных горных склонах. Тез. Докладов «Проблемы разработки полезных ископаемых в условиях высокогорья». Фрунзе, 1987. –С. 94-95.

7. Мислибаев И.Т., Самадова Г.М. Разработка графоаналитической модели поперечного профиля месторождения на косогоре. Горный вестник Узбекистана. – Навои, 2022. – №4. – С. 39-43.