

## **ОПТИМИЗАЦИЯ РАЗВИТИЯ РАБОЧЕЙ ЗОНЫ НА КРУТЫХ БОРТАХ ДЕЙСТВУЮЩИХ И СТРОЯЩИХСЯ КАРЬЕРОВ КАЗАХСТАНА**

© S. Moldabayev

## **OPTIMIZATION OF DEVELOPMENT OF WORKING ZONE ON STEEP SIDES OF OPERATING AND BUILT QUARRIES OF KAZAKHSTAN**

Приведены результаты исследований по апробации разработанной технологии безопасного интенсивного развития рабочих зон вдоль крутых бортов. Сопоставительный анализ полученных в результате оптимизации календарных графиков горных работ выполнен для одно- и двухбортной, а также центрально-кольцевой углубочных систем разработки соответственно на карьерных полях вытянутой и округлой формы.

Наведені результати досліджень з апробації розробленої технології безпечного інтенсивного розвитку робочих зон уздовж крутих бортів. Порівняльний аналіз отриманих в результаті оптимізації календарних графіків гірничих робіт виконаний для одно- та двобортової, а також центрально-кільцевою заглиблювальною системою розробки відповідно на кар'єрних полях витягнутої й округлої форми.

Последние достижения в области управления устойчивостью бортов карьеров позволяют недропользователям при разработке наклонных и крутопадающих, как рудных, так и угольных месторождений, увеличить углы наклона рабочих бортов карьеров. Однако зачастую минимизация объемов вскрышных работ затрудняет выдерживание проектной производственной мощности карьеров. Ведение горных работ в стесненных условиях снижает безопасность эксплуатации горнотранспортного оборудования и обслуживающего их персонала. Отсутствие площадок достаточных размеров ограничивает производство многорядного короткозамедленного взрывания, в результате чего наблюдается превышение выхода негабаритных кусков после производства массовых взрывов, что негативно сказывается на производительности экскаваторов. Эти проблемы усугубляются в условиях продолжающегося экономического кризиса. Уменьшение прибыли предприятий, особенно на действующих карьерах, ограничивают средства на ремонт и обслуживание горнотранспортного оборудования, что снижает коэффициент их технической готовности.

От правильно выбора средств механизации, технологии и организации их применения зависят темпы технологического развития отечественных карьеров, до сих пор отстающие от развитых стран [1]. В Казахстане Группой Kazminerals довольно успешно идет освоение уникальных месторождений меди Бозшаколь и Актогай. В кратчайшие сроки завершается строительство двух мощных карьеров с достижением высокой производственной мощности. Также, как и на передовых карьере мира, уже в проектах их разработки заложена высокая ритмичность производства вскрышных и добычных работ с созданием на площад-

ках обогатительных фабрик достаточных запасов добытой руды. Если в карьерах используют мощные экскаваторно-автомобильные комплексы (ЭАК), то доставка руды до обогатительной фабрики осуществляется конвейерным транспортом.

По сравнению с 3-х летней давностью несколько снизились объемы добычи на действующих железорудных и угольных карьерах. В основном это связано с невыполнением увеличивающихся проектных объемов вскрышных работ. Как правило, в нижней части вскрышной зоны рабочих бортов повсеместно наблюдается сужение рабочих площадок. На многих карьерах из-за экономического кризиса отодвигается инвестирование перехода на циклично-поточную технологию. Поэтому горные работы в этот период приходится вести на крутых бортах, что затрудняет поддержание необходимых размеров действующей части рабочей зоны глубоких карьеров, необходимой для получения запланированного объема добычи полезного ископаемого и безопасной реализации принятого календарного графика горных работ.

Решению многих сложных организационно-технических задач, создания новых способов и приемов ведения горных работ в стесненных условиях в последнее время уделяется много научных трудов. Достаточно проанализировать работы украинских и российских ученых, внесших весомый вклад в решение этих проблем [2-4].

Целью работы является выполнение предпроектных проработок по адаптации промышленно безопасных и экономичных технологий развития рабочих зон вдоль крутых бортов с оптимизацией календарных графиков горных работ на действующих и перспективных карьерах.

Конструкция рабочей зоны вдоль крутых бортов предполагает применение технологий отработки высоких уступов с двух уровней стояния экскаваторов поперечными панелями и с ориентацией фронта работ рабочей зоны перпендикулярно фронту работ уступов крутых бортов [5]. Календарные графики горных работ получены по разработанному алгоритму совместного выполнения горно-геометрического анализа и трансформации его результатов в требуемые усредненные годовые объемы вскрышных работ на заданную производительность по полезному ископаемому [6].

**Апробация нового порядка формирования рабочей зоны при углубочной центрально-кольцевой системе разработки с использованием мощных ЭАК.** По согласованию с ТОО «Ломоносовское» исследования были выполнены на каркасной модели потенциального Ломоносовского месторождения железных руд. Конструкция рабочей зоны и ее развитие по периметру бортов карьера позволяет оставлять на них только транспортные и предохранительные бермы, что через увеличение их наклона обеспечит на большей части этапов отработки значения текущих коэффициентов вскрыши, близких к среднему. При выборе этих подходов к ведению горных работ на карьерах овальной формы учитывались известные из теории и практики элементы поэтапного развития глубоких карьеров крутыми слоями, развития бортов карьера поперечными и диагональными заходками, отработки вскрышных уступов высокими уступа-

ми на вытянутых карьерных полях, снижающих усредненный эксплуатационный коэффициент вскрыши в основной период разработки крутопадающего месторождения. Доказана возможность отдельной поочередной отработки сближенных крутопадающих рудных залежей Ломоносовского месторождения с максимальной производственной мощностью (16 млн. тонн руды в год).

Рабочая зона первоначально из 1-2-х, а затем 3-х уступов высотой до 30 м перемещается по периметру крутых бортов (рис. 1, 2). При таком развитии рабочей зоны в границах крутых бортов экскаваторы эксплуатируются на широких площадках, равных ширине поперечной панели, уменьшается подвалка откосов нижних уступов после взрывов за счет регулирования направления отбойки при многорядном короткозамедленном взрывании скважинных зарядов.

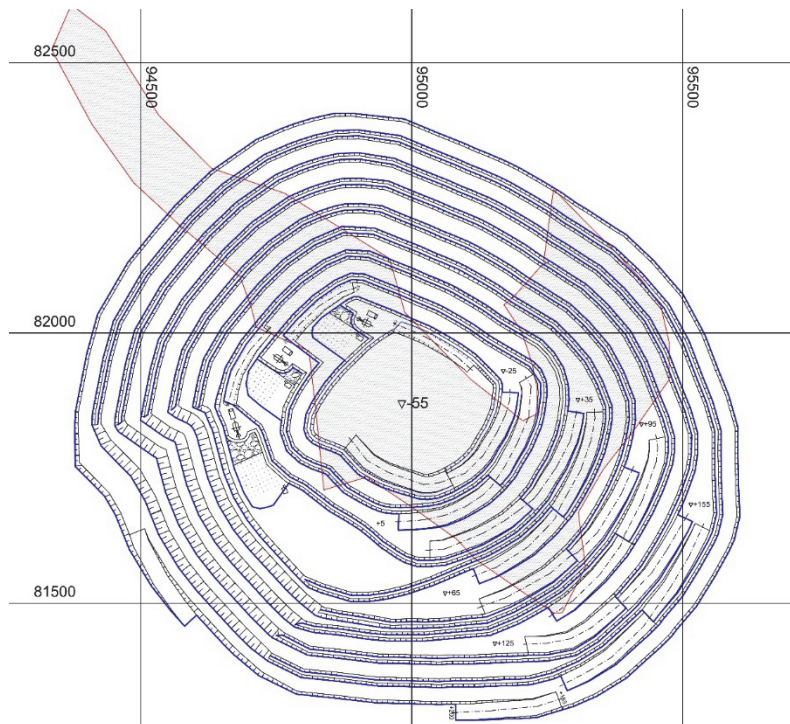


Рис. 1. Контур карьера к моменту освоения производственной мощности на Ломоносовском карьере при отработке экскаваторами верхних частей уступов по новым технологиям

В качестве выемочно-погрузочной машины рассмотрено использование экскаваторов ЭКГ-32Г нового поколения, а для транспортирования руды и вскрышных пород – автосамосвалы БелАЗ грузоподъемностью 190 т. Использование мощных экскаваторов позволит создавать достаточные запасы добытой руды на дробильно-обогащительной фабрике. Тогда действительно нет необходимости соблюдать классические нормативы по вскрытым запасам руды. В каждом вновь прирезаемых технологических слоях (этапах отработки), равных ширине поперечной панели, при их последовательной отработке сверху вниз от дневной поверхности до вновь сооружаемых по дну карьера разрезных котлованов будет вскрываться достаточное количество руды для выполнения годо-

вых программ по выдерживанию проектной производственной мощности по ее добыче при минимальных объемах вскрышных работ (рис. 3).

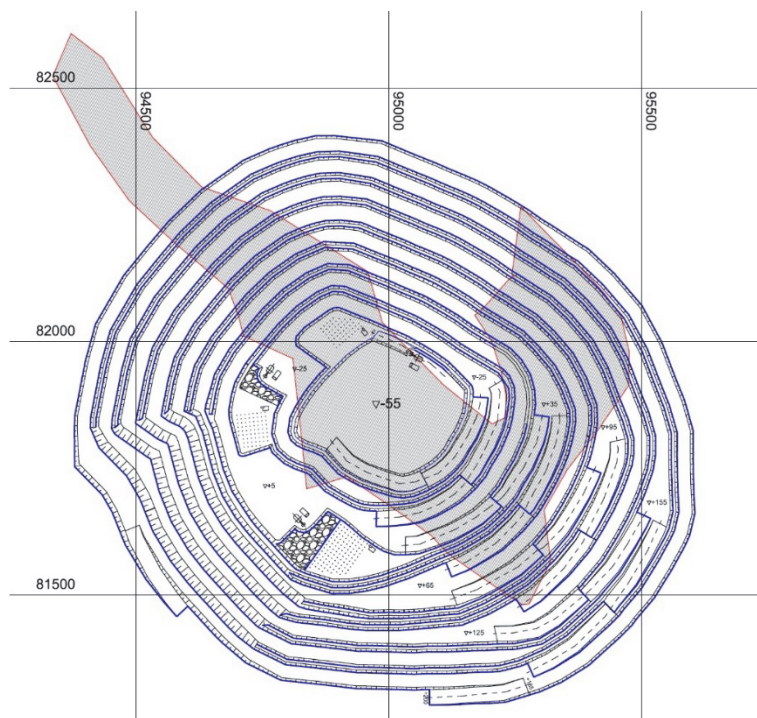


Рис. 2. Контур карьера к моменту освоения производственной мощности на Ломоносовском карьере при отработке экскаваторами нижних частей уступов по новым технологиям

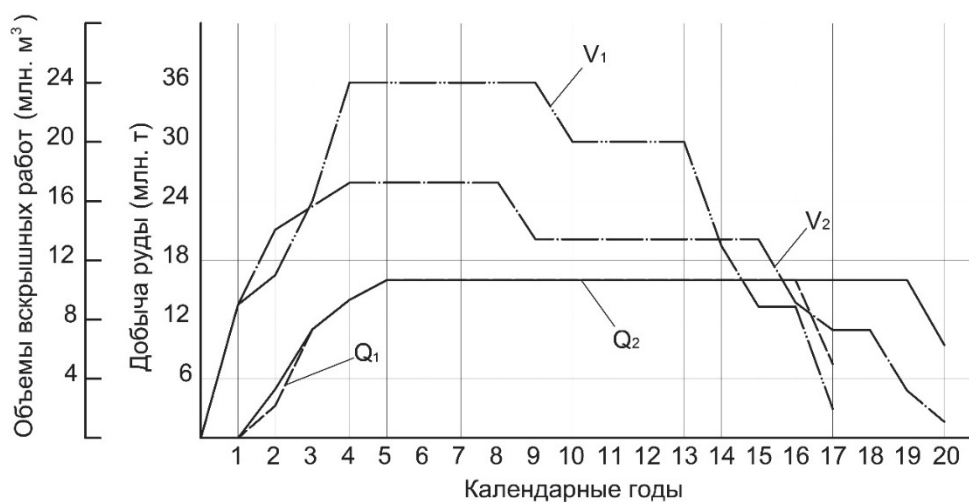


Рис. 3. Календарный график горных работ при отдельной отработке участков Ломоносовского месторождения:

$Q_1, Q_2$  - производительность по руде соответственно на Северо-Западном и Центральном участках;  $V_1, V_2$  - производительность по вскрыше соответственно на Северо-Западном и Центральном участках

К моменту окончания строительства Ломоносовского карьера по предлагаемой технологии развития рабочих зон можно уменьшить объем горностроительных работ в 2,5 раза (меньше на 38,3 млн. м<sup>3</sup>) по сравнению с технологией отработки уступов продольными панелями. Срок строительства карьера уменьшается на 3,8 года (с 6,3 до 2,5 лет). В период освоения производственной мощности объем эксплуатационных вскрышных работ снижается почти в 2 раза (меньше на 98,5 млн. м<sup>3</sup>). Срок освоения производственной мощности сокращается на 3,3 года (с 7,9 до 4,6 лет). Результаты исследований приняты ТОО «Ломоносовское» для передачи подрядной организации по их использованию при выполнении проекта производства работ после принятия решения по инвестированию разработки потенциального месторождения.

**Апробация нового порядка формирования рабочих зон при углубочной односторонней продольной системе разработки.** Отставание вскрышных работ ограничило производственную мощность по углю на угольном карьере «Восточный». На основании выполненных по заданию ТОО «Евразийская группа» исследований ООО «НТЦ-Геотехнологией» установлена возможность увеличения конструктивного угла наклона рабочего борта карьера до 30-32° при его глубине 260 м с уменьшением только до 28° при увеличении глубины до 400 м.

На рисунке 4 приведен поперечный разрез с отработкой нижней части вскрышной зоны высокими уступами (высотой 30 м) с двух уровней стояния экскаваторов поперечными панелями шириной 50 м.

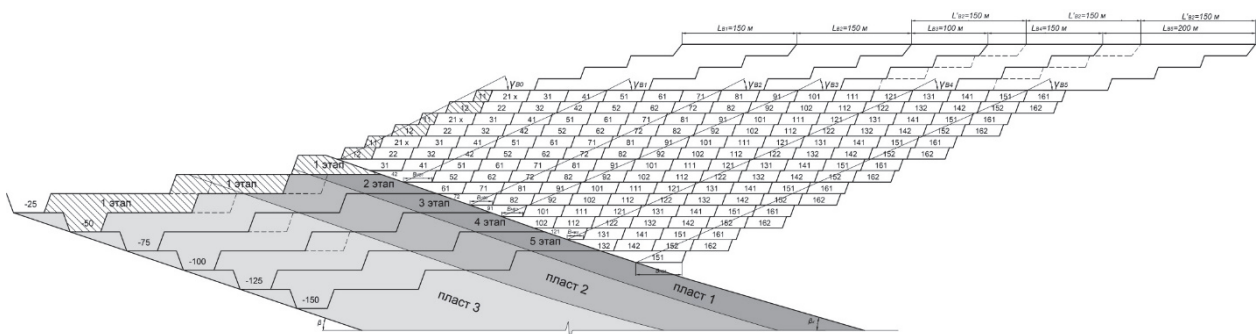


Рис. 4. Очередность отработки поперечных панелей ЭАК в нижней части вскрышной зоны на карьере «Восточный»

Отработка верхних частей уступов ЭАК с сооружением временных вскрывающих выработок на флангах карьерного поля приведена на рисунке 5, а схема перехода на предлагаемую технологию их использования в стесненных условиях крутого борта (рис. 6).

Реализация предлагаемой технологии отработки нижней части вскрышной зоны ЭАК (в верхней вскрышной зоне эксплуатируются экскаваторно-железнодорожные комплексы) осуществляется на основе разработанного алгоритма оптимизации положения рабочего борта по этапам отработки с учетом выдерживания необходимого соотношения низкосолевого и высокосолевого

угля во вскрываемых его запасах. Он учитывает разную высоту добычных и вскрышных уступов, необходимый минимальный объем вскрышных работ для вскрытия очередных поэтапных запасов угля через установление оптимального значения ширины поперечных панелей и позволяет по условию проходки очередной разрезной траншеи с изменяющейся шириной определить горизонт на контакте «вскрыша-уголь», после которого начинаются вскрышные работы на следующем этапе отработки.

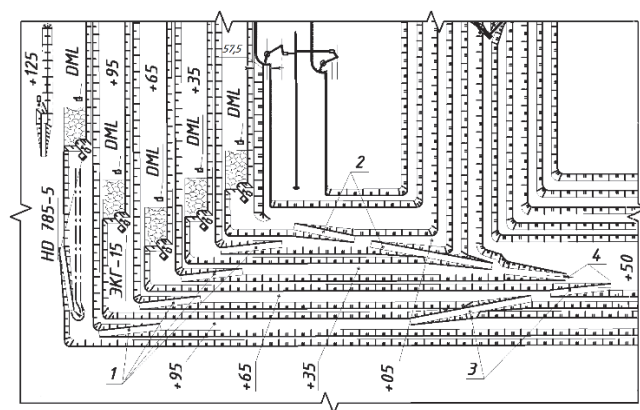


Рис. 5. Схема отработки верхних частей уступов поперечными панелями: 1 – временные автосъезды; 2, 3 – постоянные автосъезды соответственно ниже и выше горизонта размещения дробильно-перегрузочного пункта (ДПП); 4 – направление грузопотоков автовскрыши к ДПП

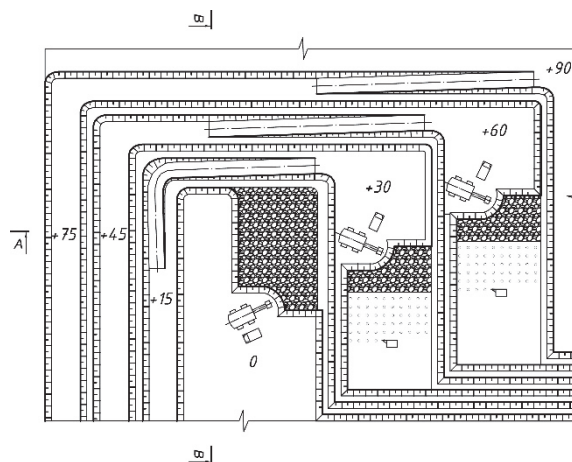


Рис. 6. Завершение проходки ниши для перехода на предлагаемую технологию использования ЭАК

Апробация предложенного метода оптимизации положения рабочего борта показывает, что по предлагаемой схеме развития вскрышной зоны объем вскрышных работ с глубины карьера 250 до 350 м по сравнению с проектной схемой меньше на 97 млн. м<sup>3</sup>, при этом значение среднеэксплуатационного коэффициента вскрыши снижается с 2,4 до 1,75 м<sup>3</sup>/т (на 27,1%). Предлагаемый порядок развития нижней части вскрышной зоны позволил приблизить изменение значений текущего коэффициента к среднеэксплуатационному – максимальное расхождение не превышает 6,4%.

**Апробация нового порядка формирования рабочих зон при углубочной двухбортной продольной системе разработки.** Исследования выполнены по согласованию с ТОО «Ангренсор-Энерго». Угольный карьер «Экибастузский» производит отработку крутопадающей части мульды одноименного месторождения по двухбортной системе разработки. Поэтому одновременно вскрываются все угольные пласты данного месторождения – низкозольные 1, 2 и высокозольный 3. В центральной части глубина карьера достигла 140 м. Пер-

спективы эффективной дальнейшей его эксплуатации будут связаны с уменьшением текущих объемов вскрышных работ. Углы наклона крутых бортов не должны превышать предельно-допустимых по условию их устойчивости. Устойчивые углы наклона его продольных бортов при коэффициенте запаса устойчивости  $n = 1,5$  равны  $29,5^{\circ}$  при глубине карьера 150 м и  $25^{\circ}$  при глубине карьера 200 м и более.

Последовательность реализации рекомендуемых технологий горных работ в условиях карьера «Экибастузский» следующая. Вскрышные работы в верхней части и, частично, в средней части вскрышной зоны приостанавливаются. Они производятся в основном только в нижней части вскрышной зоны (рис. 7-9).

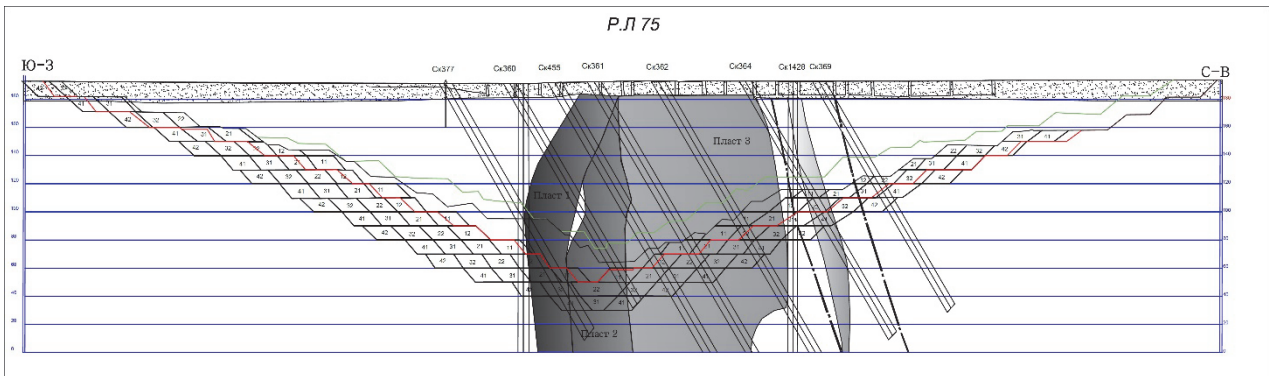


Рис. 7. Отстройка поперечных панелей на примере разведочной линии 75

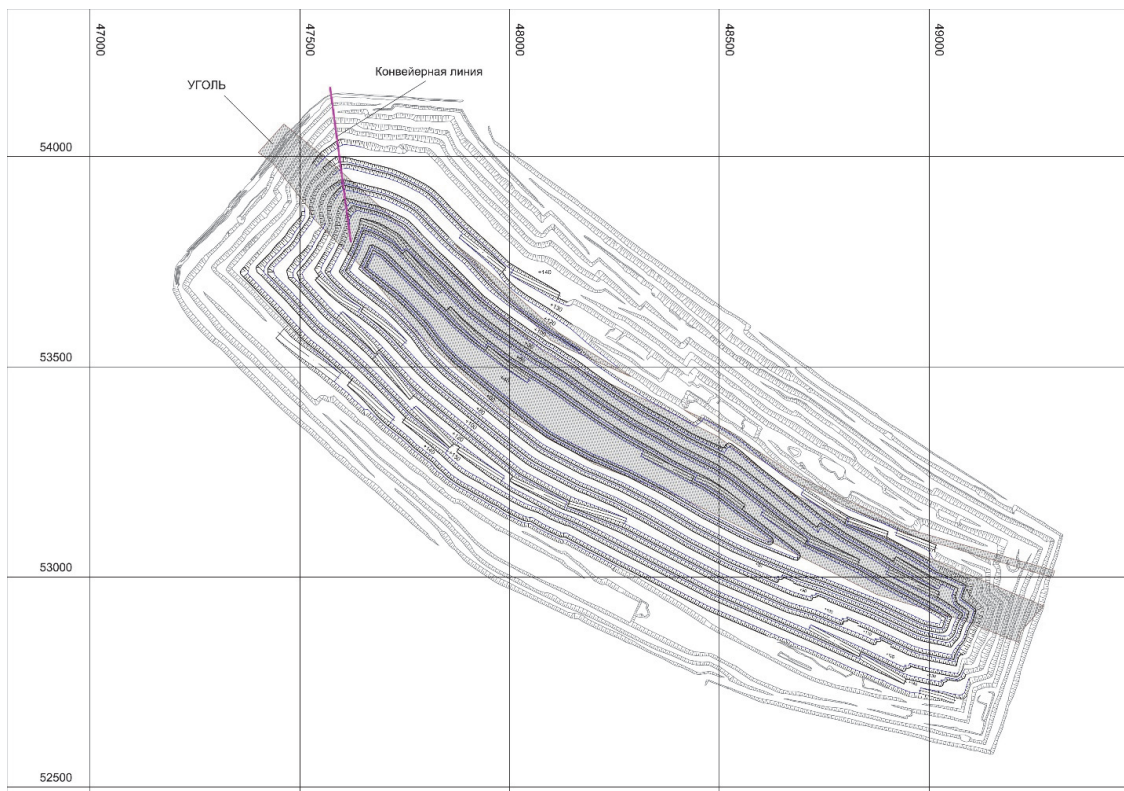


Рис. 8. Начало перехода на новый порядок развития рабочих зон на карьере «Экибастузский»

Первоначально необходимо перейти на отработку высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаватора. После этого появляются условия для выделения рабочих зон относительно крутых продольных рабочих бортов. В этом случае фронт работ уступов рабочих зон будет расположен перпендикулярно фронту работ уступов рабочих бортов. Схема отработки уступов высотой 20-24 м поперечными панелями с использованием экскаваторов с рабочим органом обратной и прямой мехлопаты приведена на рисунке 9. При этом на отработке верхней части уступов используются гидравлические экскаваторы с рабочим органом обратной мехлопаты, а на нижней его части – карьерные экскаваторы с рабочим органом прямой мехлопаты.

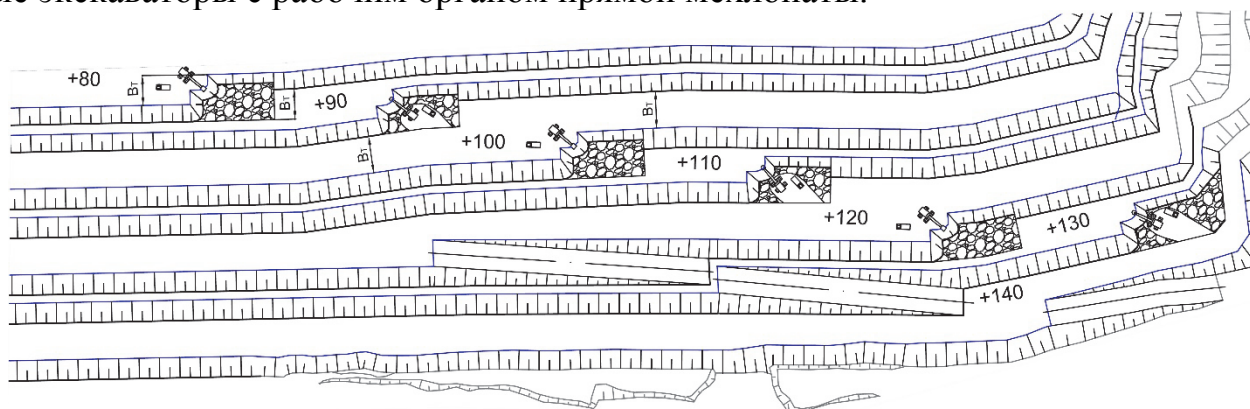


Рис. 9. Схема отработки уступов высотой 20-24 м поперечными панелями с использованием экскаваторов с рабочим органом обратной и прямой мехлопаты

В период реконструкции горнотранспортной системы на карьере «Экиба-стузский» переход на предлагаемую технологию развития рабочих зон в границах крепких коренных пород и угля по сравнению с проектом позволит уменьшить требуемые объемы вскрышных работ в период 2016-2018 годы на 14,28 млн. м<sup>3</sup> (31,3%).

**Выводы:** На базе действующих и перспективных карьеров Казахстана при выполнении предпроектных проработок доказана техническая возможность и экономическая целесообразность перехода на отработку высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаваторов при ориентации фронта работ уступов рабочей зоны перпендикулярно фронту работ уступов крутых бортов. Установлено, что при использовании мощных экскаваторно-автомобильных комплексов достигается последовательное ритмичное производство вскрышных и добычных работ в каждом последующем прирезаемом технологическом этапе отработки с экономичным календарным графиком отработки месторождений.

При отдельной отработке высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаваторов с сооружением вскрывающих выработок на флангах вытянутых карьерных полей с однобортной углубочной системой разработки достигается максимальная производственная мощность карьеров. Однако угол наклона вскрышной зоны в границах работы ЭАК ограничивается параметрами обрабатываемых панелей и намного меньше устойчивого угла на-



клона борта карьера. Для независимого производства горных работ между смежными уступами они отстоят друг от друга на ширину панелей. При выделении рабочей зоны от плоскости рабочего борта угол наклона последнего может достигать устойчивого угла его наклона. В этом случае рабочая зона как бы скользит вдоль крутого рабочего борта. Увеличение угла наклона рабочего борта достигается при оставлении между уступами только транспортных берм с сооружением в определенных местах скользящих съездов для технологического автотранспорта. Между частями высокого уступа оставляют предохранительные бермы.

Наибольшего значения конструктивный угол наклона рабочего борта достигает при ширине панелей, равных ширине транспортных берм. Однако в этом случае ограничиваются вскрываемые запасы полезного ископаемого. В основном минимальная ширина панелей применяется при отработке вытянутых карьерных полей по двухбортовой углубочной системе разработки с небольшой горизонтальной мощностью залежи полезного ископаемого и на месторождениях округлой формы с ограниченными размерами в плане при малой производственной мощности. При этом используются ЭАК с относительно небольшой производительностью, что предопределяет замену традиционных автосамосвалов на шарнирно-сочлененные автосамосвалы грузоподъемностью до 50 т, при которых достигается увеличение продольного угла наклона съездов на крутом борту до 15-18 градусов (больше в 3,3-4 раза). Следует учесть, что предлагаемую конструкцию развития рабочих зон вдоль крутых бортов можно безопасно применять только в коренных крепких породах, а наносы обрабатывать невысокими уступами с оставлением между ними рабочих площадок.

#### **Перечень ссылок**

1. Соколовский А.В. Методология проектирования технологического развития действующих карьеров: Дисс. докт. техн. наук. – Челябинск, 2009. – 332 с.
2. Dryzhenko A., Shustov A, Adamchuk A. Prospects for future mining of steep iron-ore deposits in the context of Kryvbas / Metallurgical and Mining Industry. – 2016. – №10. – pp. 46 – 52.
3. Гавришев С.Е., Колонюк А.А., Бурмистров К.В. Особенности конструирования и расконсервации временно нерабочих бортов // Журнал «Горный информационно-аналитический бюллетень». - М.: Изд-во Горная книга, 2007. - № 2. - С. 272-275.
4. Синьчковский В.Н., Вокин В.Н., Теняшников В.А. Формирование рабочей зоны карьеров с учетом расконсервации временно нерабочих бортов // Научно-технический журнал «Горный информационно-аналитический бюллетень». – Москва: МГГУ, 2006. - № 3. – С. 306-307.
5. Moldabayev S., Aben E. New technologies production mining on a steep board deep pits // International Journal of Applied Engineering Research: Research India Publications, 2016. – No. 22. – pp. 10458-10464.
6. Молдабаев С.К., Абен Е., Бабец Е.В. Оптимизация положения нижней части вскрышной зоны карьера при новом развитии горных работ // Metallургическая и горнорудная промышленность. – Днепр: ИГТМ АНУ, 2016. - № 6. – С. 70-78.

**ABSTRACT**

**Purpose.** Conduction of pre-project studies on adaptation of industrially safe and economic technologies of working zone development along steep pit edges with optimization of calendar schedule of mining operations on active and perspective mines.

**Methods** of research is adaptation of new mining technologies to actual state of mining operations for active mines and in conjunction with digital model of a mineral occurrence for a mine being constructed. Usage of implementation methodology of technologies being studied during comparison with calendar schedule of mining.

**Findings.** New design of working zone along steep pit edges for extended and round open-pit fields on a base of active mines and mines being constructed were tested. Technology of mining high pit banks from two positions of excavator's location by cross panels and technology of mining with orientation of operation front of working zone perpendicular to operation front of steep pit edges are reviewed during formation of a working zone along steep pit edges. Optimization of working zone development along steep pit edges allows decreasing significantly current volume of stripping ratio, wherein average stripping ratio could be reduced by 20-30%.

**The originality** is in mining high pit banks from two positions of excavator's location with construction of temporary stripping workings on sides of extended open-pit fields and possibility of forming operation front of working zone perpendicular to operation front of steep pit edges.

**Practical implications.** Transition to conducting mining operations on steep pit edges allows excluding formation of temporary non-working pit edges during phased mining of steeply dipping mineral occurrences.

**Keywords:** *open-pit mining, steeply dipping and inclined mineral occurrences, steep pit edges, working zone, excavator-automobile complexes, mining operations regime.*

УДК 622.271

© В.В. Панченко, А.В. Романенко

**АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ И ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ  
ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКИ  
ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ УКРАИНЫ**

© V. Panchenko, A. Romanenko

**STATE ANALYSIS AND PRIORITY DIRECTIONS TO IMPROVING THE  
EFFICIENCY OF THE UKRAINE OPEN PIT IRON ORE DEPOSITS**

Приведена краткая характеристика мирового рынка железорудного сырья. Выполнен анализ состояния железорудной отрасли Украины, в т.ч. анализ динамики проектной мощности и фактического производства сырой руды по железорудным комбинатам. По результатам