

Б.Р. Ракишев, С.К. Молдабаев

ОЧЕРЕДНОСТЬ ОТРАБОТКИ СБЛИЖЕННЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ ЗАЛЕЖЕЙ НА ПРИМЕРЕ ЛОМОНОСОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖЕЛЕЗНЫХ РУД

С применением нового порядка формирования рабочей зоны на крутых бортах карьеров овальной формы доказана возможность отдельной поочередной отработки сближенных крутопадающих рудных залежей с производственной мощностью до 16 млн т в условиях Ломоносовского месторождения железных руд. Рабочая зона первоначально из 1–2-х, а затем 3-х уступов высотой до 30 м перемещается по периметру крутых бортов. При таком развитии рабочей зоны в границах крутых бортов экскаваторы эксплуатируются на широких площадках, равных ширине поперечной панели. Поэтапные контуры карьера отстроены с использованием интегрированного горно-геологического информационного комплекса и обеспечивают оптимальный режим горных работ до выполнения горно-геометрического анализа. Сопоставительный анализ графиков режима горных работ показывает целесообразность первоначальной разработки запасов руды на Центральном участке. В этом случае весь объем вскрышных пород Северо-Западного участка можно будет разместить в выработанном пространстве карьера первой очереди во внутренний отвал, что позволит сократить площади дневной поверхности под внешние отвалы почти в 2 раза. Сроки строительства и освоения производственной мощности за счет минимального разноса бортов карьера сокращаются в 2–2,5 раза по сравнению с традиционной технологией горных работ.

Ключевые слова: карьеры овальной формы, рабочая зона, крутые борта, поперечные панели, крутопадающие залежи, режим горных работ, внутреннее отвалообразование.

Вовлечение в разработку новых месторождений полезных ископаемых в периоды нестабильности цен на товарную продукцию сопряжено с рисками для инвесторов. К тому же многие потенциальные месторождения залегают в сложных горно-геологических условиях. Мощность наносов зачастую превы-

шает 100 м. Поэтому повышение конкурентоспособности вновь строящихся горнодобывающих предприятий по-прежнему является актуальной научной проблемой в практике проектирования динамических горнотехнических систем. При открытой разработке месторождений повышение эффективности горных работ достигается за счет применения мощных горнотранспортных комплексов, сокращения расстояния транспортирования горной массы и уменьшения изъятия и нарушения дневной поверхности под внешние отвалы. При разработке крутопадающих месторождений почти 60% карьеров имеют округлую форму. С понижением горных работ на таких карьерах возникают значительные затруднения по поддержанию производственной мощности и почти нереально использовать выработанное пространство для складирования вскрышных пород во внутренние отвалы.

На действующих глубоких карьерах практикуется временная консервация отдельных уступов с уменьшением ширины площадок до величин, значительно сокращающих готовые к выемке запасы. За счет уменьшения разноса бортов карьера сдерживается увеличение затрат на разработку полезных ископаемых. Однако при этом снижается производительность горнотранспортного оборудования и наблюдается выбытие производственных мощностей. Исследования по управлению формированием карьерного пространства и его рабочей зоной для создания предпосылок перехода к внутреннему отвалообразованию при разработке глубокозалегающих месторождений ограниченной длины изложены в книге Г.Г. Саканцева [1]. Доказана возможность и целесообразность внутреннего отвалообразования на карьерах округлой формы и установлена рациональная область его применения. Она соответствует горно-геологическим и горнотехническим условиям многих разрабатываемых и перспективных рудных месторождений.

На вытянутых месторождениях (к ним можно отнести и ряд сближенных рудных залежей) наилучшие технико-экономические показатели достигаются при сокращении времени достижения карьером первой очереди конечной глубины с переходом на внутреннее отвалообразование. Примеры реализации внутреннего отвалообразования на железорудных карьерах Украины приведены в статье А.Ю. Дриженко [2]. Применительно к реальным условиям ряда угольных месторождений такие разработки впервые были выполнены в МГИ под руководством П.И. Томакова, более полный анализ современных подходов к решению данной проблемы обобщенный В.С. Коваленко [3].

Повышению эффективности технологии внутреннего отвалообразования при разработке крутопадающих месторождений посвящены труды К.Н. Трубецкого, А.Г. Шапарь, В.Г. Пшеничного [4–6] и других ученых.

В Казахстане в настоящий момент ведутся предпроектные проработки по вовлечению в разработку запасов Ломоносовского месторождения железных руд, которое расположено в 10 км к северо-западу от Сарбайского месторождения и в 20 км севернее г. Рудного. В 1 км восточнее проходит шоссейная дорога Рудный-Качары, в 20 км к югу расположена железнодорожная станция Железородная, которая имеет через станцию Тобол выход на г. Караганды и Магнитогорск и через г. Кустанай на г. Челябинск.

Рельеф района месторождения слабо расчленен и представляет собой равнинную степь с небольшим уклоном к востоку. Высотные отметки на водоразделах достигают 200 м над уровнем моря.

Месторождение представлено двумя округлыми участками: Северо-Западным и Центральным, которые различаются особенностями строения и характером оруденения (рис. 1). Характерной особенностью данного месторождения является большая мощность покрывающих пород (наносов), достигающая 100–130 м. Поэтому при минимизации срока сдачи карьера в эксплуатацию и достижения на одном из участков карьерного поля конечной глубины эффективность разработки данного месторождения можно обеспечить при переходе на внутреннее отвалообразование.



Рис. 1. Каркасная модель Ломоносовского месторождения железных руд с предельными контурами карьера

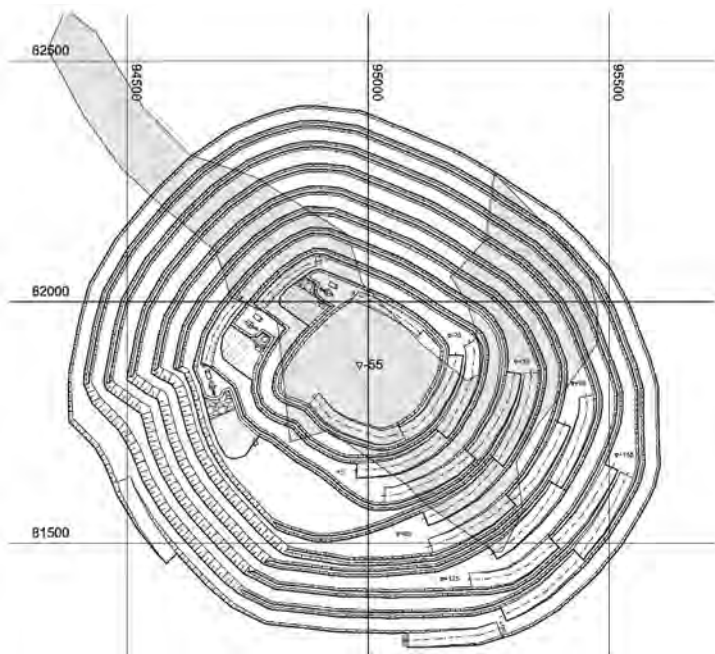


Рис. 2. Контур карьера к моменту освоения производственной мощности при отработке экскаваторами верхних частей уступов по новым технологиям

Исследуется возможность реализации двух новых технологий горных работ — отработки высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаватора [7] и формирования фронта работ уступов рабочей зоны перпендикулярно фронту работ крутого рабочего борта [8] — на крутопадающих месторождениях округлой (овальной формы) при их совмещении на 3D моделях. Высота уступа принята равной 30 м при отработке их с двух уровней стояния экскаватора. Поэтому обрабатываемая высота уступа не превышает 15 м, как и по традиционной технологии. Поэтапный контур карьера (рабочий борт) имеет крутой наклон. Между высокими уступами оставляют только транспортные бермы. Рабочая зона первоначально из 1–2-х, а затем 3-х уступов перемещается по периметру крутого рабочего борта (рис. 2). При таком развитии рабочей зоны в границах крутого рабочего борта экскаваторы эксплуатируются на широких площадках, равных длине фронта работ поперечной панели. Ширина и длина панелей зависит от обеспеченности экскаватора готовыми к выемке запасами и изменяется

от 70 до 120–200 м. Направление развала взрываемых блоков направлено не перпендикулярно рабочему борту, а вдоль его, что значительно уменьшает подвалку откосов нижележащих уступов.

Для отработки верхних частей уступов предусматривается сооружение временных съездов от горизонта расположения транспортной бермы с подъемом до промежуточного горизонта. При этом высота частей уступа не должна превышать максимальную высоту черпания экскаватора в плотных породах и 1,5 – при разработке скальных пород с взрывной подготовкой массива. К примеру, для экскаваторов ЭКГ-15 – 15 м, ЭКГ-20, ЭКГ-30Г – 20 м. После отработки верхней части уступа экскаватор спускается по этому съезду и приступает к отработке нижней части, ликвидируя временный съезд.

С целью установления возможности отдельной поочередной отработки каждого участка Ломоносовского месторождения выполнен детальный горно-геометрический анализ. Глубина

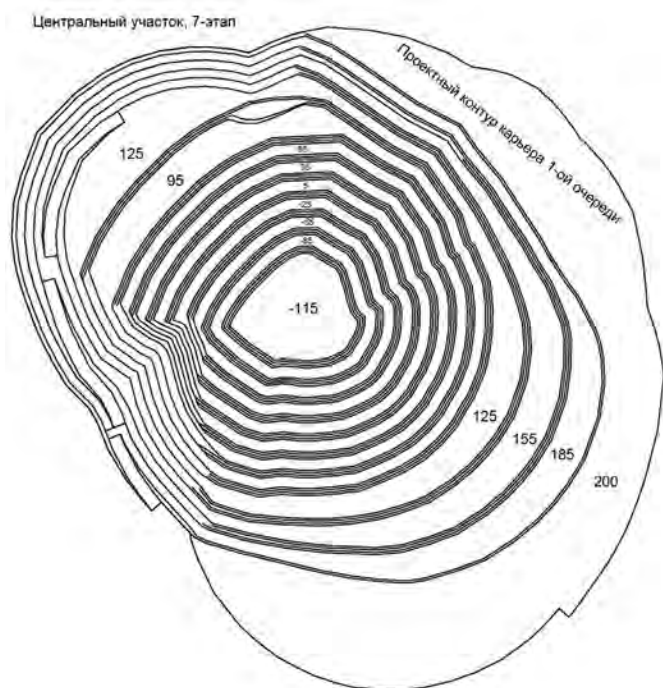


Рис. 3. Контуры карьера на седьмом этапе отработки в границах Центрального участка

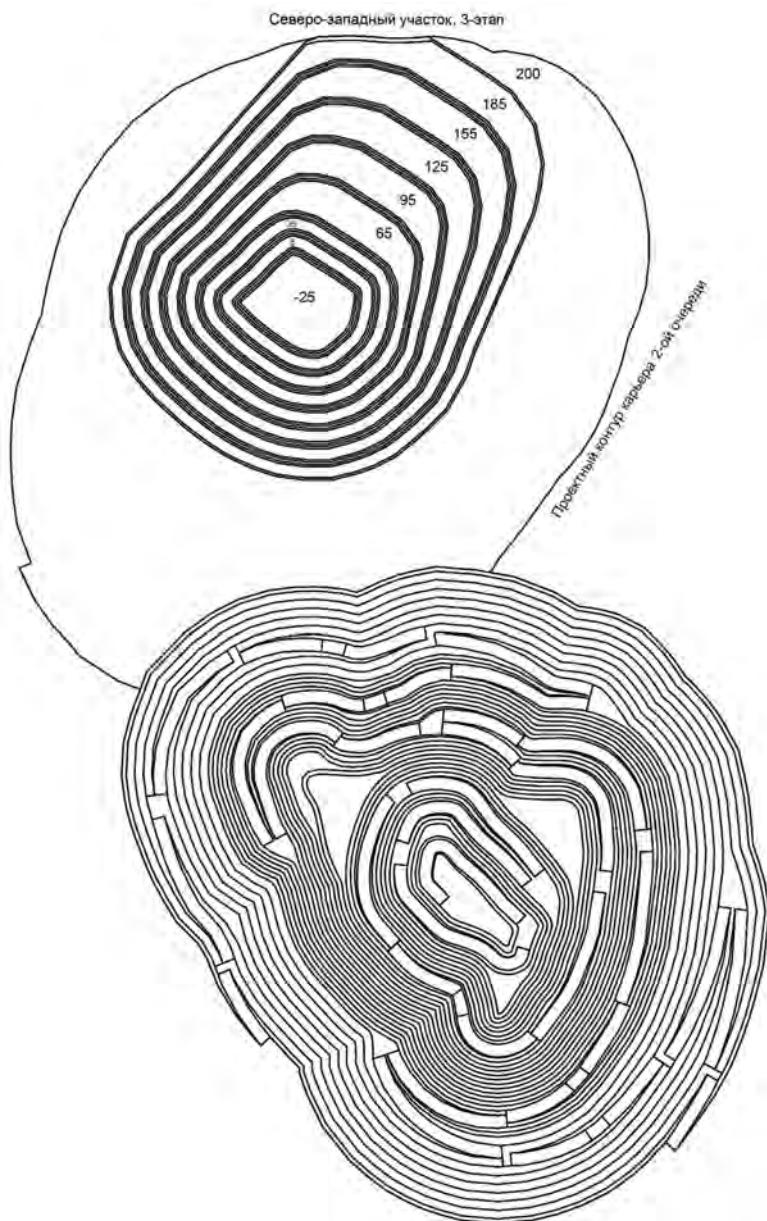


Рис. 4. Контуры карьера на третьем этапе отработки в границах Северо-Западного участка: 1 и 2 – соответственно на Северо-Западном и Центральном участках

этапов обработки кратна высоте уступа и равна 30 м при его обработке с двух уровней стояния экскаватора. Соответствие поэтапных контуров карьера на обоих участках данного месторождения оптимальным поэтапным объемам вскрышных пород и руды обеспечено через создание динамической модели реализации исследуемых технологий горных работ [9]. Поэтапные контуры карьера отстроены с использованием интегрированного горно-геологического информационного комплекса. Примеры их отстройки приведены на рис. 3 и 4 и обеспечивают оптимальный режим горных работ до выполнения горно-геометрического анализа.

При отстройке контуров этапов обработки учитывалась конфигурация рудных залежей. Минимальные линейные размеры котлована по дну принимали не менее 140–200 м. Предварительный выбор карьера первой очереди на одном из участков Ломоносовского месторождения можно произвести по изменению коэффициента вскрыши по этапам обработки (рис. 5). Анализ графика показывает, что по изменению коэффициента вскрыши по этапам обработки предпочтительнее выглядит первоочередная обработка Центрального участка. К моменту подхода горных работ к конечным контурам по поверхности значение коэффициента вскрыши на Северо-Западном участке больше на 37,8% ($2,78 \text{ м}^3/\text{т}$), чем на Центральном участке ($1,73 \text{ м}^3/\text{т}$). Если карьер начать строить на Северо-Западном участке, то он будет сдан в эксплуатацию на глубине 140 м, в то время как на Центральном участке — на глубине 130 м. Однако на Центральном участке на этот момент коэффициент вскрыши будет больше в 1,58 раза. Тем не менее, средний коэффици-

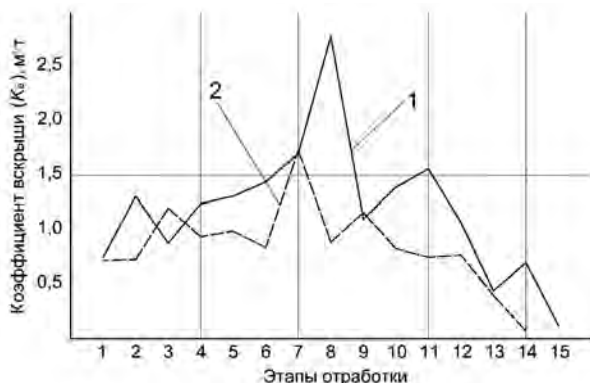


Рис. 5. График изменения коэффициента вскрыши по этапам обработки

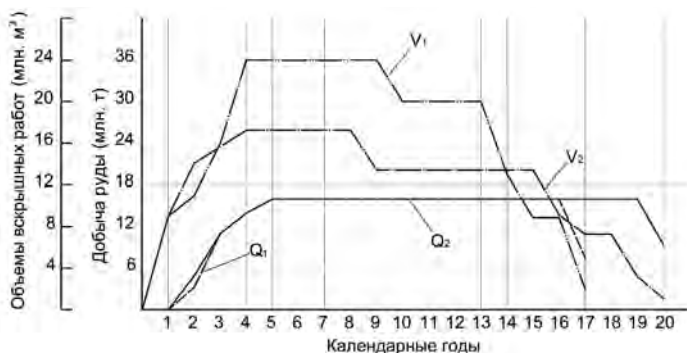


Рис. 6. Календарный график горных работ при отдельной отработке участков Ломоносовского месторождения: Q_1 , Q_2 – производительность по руде соответственно на Северо-Западном и Центральном участках; V_1 , V_2 – производительность по вскрыше соответственно на Северо-Западном и Центральном участках

ент вскрыши на этом участке меньше на 31,8% ($0,88 \text{ м}^3/\text{т}$), чем на Северо-Западном участке ($1,29 \text{ м}^3/\text{т}$).

Окончательно принятие решения по выбору участка первоочередной отработки произведем на календарных графиках горных работ после усреднения производительности карьера по вскрыше на обоих участках. Анализ календарного графика горных работ (рис. 6) показывает, что на обоих участках производственная мощность в 16 млн т будет освоена на 6 год с начала строительства карьера. К концу второго года на обоих участках будут завершены горно-строительные работы. При этом в первый год эти объемы будут равными (по 9 млн м^3), а во второй год значение текущего коэффициента вскрыши на Северо-Западном участке ($3,37 \text{ м}^3/\text{т}$) по сравнению с Центральным участком ($2,84 \text{ м}^3/\text{т}$) будет выше на 15,7%. В период освоения производственной мощности эта тенденция сохраняется. К концу третьего года больше соответственно на 6,9%, четвертого года – больше соответственно на 28,5%, пятого года – также больше соответственно на 28,5%. В период эксплуатации карьера при полном развитии горных работ значения текущего коэффициента вскрыши на Северо-Западном участке будут также выше. В этот период производительность карьера по вскрыше на Северо-Западном участке при той же производительности по руде будет больше почти на 7 млн м^3 , чем на Центральном участке. Срок службы карьера на Северо-Западном участке составит 17 лет, на Центральном участке – 20 лет.

Сопоставительный анализ исследуемых технологий

Период эксплуатации	Технология горных работ	Горная масса, м ³	Вскрыша, м ³	Руда, м ³	Время отработки, годы
К моменту сдачи карьера в эксплуатацию	традиционная	64 370 979	62 858 729	1 512 250	6,3
	предлагаемая	25 842 302	24 510 802	1 331 500	2,5
К моменту освоения производственной мощности	традиционная	225 994 319	198 738 444	27 255 875	
	предлагаемая	119 921 347	100 182 472	19 738 875	
Период освоения производственной мощности	традиционная	161 623 340	135 879 715	25 743 625	7,9
	предлагаемая	94 079 045	75 671 670	18 407 375	4,6

Выполненный анализ показывает целесообразность первоначальной разработки Центрального участка. В этом случае все 294,6 млн м³ вскрышных пород Северо-Западного участка можно будет разместить в выработанном пространстве Центрального участка. При коэффициенте остаточного разрыхления 1,1 использование выработанного пространства Центрального участка составит 1,01.

С учетом первоочередной отработки Центрального участка скорректиран календарный график горных работ на Ломоносовском карьере, после чего окончательно определен срок перехода на внутреннее отвалообразование. В период с 18 по 21 год появляется реальная возможность организовать внутреннее отвалообразование при эксплуатации Ломоносовского карьера. Срок его эксплуатации составит 34 года.

В таблице приведены результаты сопоставительного анализа исследуемых технологий горных работ до освоения производственной мощности на Ломоносовском карьере.

К моменту окончания строительства Ломоносовского карьера по предлагаемой технологии горных работ можно уменьшить объем горно-строительных работ в 2,5 раза (меньше на 38,3 млн м³) 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 произ-

водственной мощности объем эксплуатационных вскрышных работ снижается почти в 2 раза (меньше на 98,5 млн м³). Срок освоения производственной мощности сокращается на 3,3 года (с 7,9 до 4,6 лет). Таким образом, в условиях значительной мощности наносов (100–130 м) можно интенсифицировать строительство карьеров при разработке новых месторождений.

Выводы

1) Реализация отработки высоких уступов поперечными панелями с двух уровней стояния экскаватора с формированием фронта работ уступов рабочих зон перпендикулярно фронту работ уступов крутых бортов позволит эффективно обрабатывать карьеры овальной формы.

2) При разработке округлых крутопадающих залежей, расположенных в непосредственной близости друг от друга, реализовать внутреннее отвалообразование можно только по схеме «засыпка отработанного карьера» или же, если имеются внутри значительные по размерам отработанные площадки, то можно обустраивать призмы упоров и в границах этих призм формировать внутренний отвал.

3) Реализация запатентованных технологий с использованием мощных экскаваторно-автомобильных комплексов в условиях Ломоносовского месторождения обеспечит повышение производственной мощности при минимальных текущих объемах вскрышных работ и эффективные условия перехода к внутреннему отвалообразованию.

4) Для условий Ломоносовского месторождения определен порядок отработки двух сближенных рудных залежей. Предпочтительнее первоначально разработать Центральный участок. В этом случае все 294,6 млн м³ вскрышных пород Северо-Западного участка можно будет разместить в выработанном пространстве Центрального участка.

5) Результаты исследований приняты ТОО «Ломоносовское» для передачи подрядной организации по их использованию при выполнении проекта производства работ после окончательного утверждения проекта кондиций.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Саканцев Г. Г.* Внутреннее отвалообразование на глубоких рудных карьерах. — Екатеринбург: ИГД Уро РАН, 2008. — 225 с.

2. *Dryzhenko A., Nikiforova N.* Technologies of overburden rock storing in depleted or operated iron-ore open pits of Ukraine. Proc. Of the Bauman

NMU «Theoretical and practical solutions of mineral resources mining», Dnipropetrovsk, A Balkema Book, pp. 493–503.

3. Коваленко В. С., Артемьев В. Б., Опанасенко П. И. Землесберегающие и землевоспроизводящие технологии на угольных разрезах. — М.: Изд-во «Горное дело» ООО «Киммерийский центр», 2013. — 440 с.

4. Трубецкой К. Н. Пешков А. А., Мацко Н. А. Определение области применения способов разработки крутопадающих залежей с использованием заранее сформированного выработанного пространства карьера // Горный журнал. — 1994. — № 1. — С. 51–59.

5. Шапарь А. Г., Якубенко Л. В., Пивень В. А., Романенко А. В. Новые технологические решения разработки крутопадающих месторождений с внутренним отвалообразованием для карьеров, разрабатывающих крутопадающие месторождения. Мат. межд. конф. «Форум горняков». — Днепропетровск, 2009. — С. 78–86.

6. Пшеничный В. Г. Определение рационального режима горных работ и внутреннего отвалообразования для карьеров, разрабатывающих крутопадающие месторождения // Вестник Криворожского Национального Университета. — 2012. — Вып. 31. — С. 3–6.

7. Ракишев Б. Р., Молдабаев С. К. Авторское свидетельство. Способ открытой разработки наклонных и крутых месторождений полезных ископаемых. Инновационный патент РК, № 26485, 2012.

8. Ракишев Б. Р., Молдабаев С. К. Авторское свидетельство. Способ открытой разработки крутопадающих месторождений полезных ископаемых с переходом на внутреннее отвалообразование. Инновационный патент РК, № 29038, 2014.

9. Moldabayev S., Rysbaiuly B. Solution of nonlinear programming problem by Bellman method while optimizing the two-level mining of benches in deep open pits. Proc. Of the Bauman NMU «Theoretical and practical solutions of mineral resources mining», Dnipropetrovsk, A Balkema Book, pp. 49–53. **ГИАЗ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

*Ракишев Баян Ракишевич*¹ — академик НАН РК, доктор технических наук, профессор, e-mail: b.rakishev@mail.ru, *Молдабаев Серик Курашович*¹ — доктор технических наук, профессор, e-mail: moldabaev_s_k@mail.ru,

¹ Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева.

Gornyy informatsionno-analiticheskiy byulleten'. 2016. No. 9, pp. 284–295.

UDC
622.271.452

B.R. Rakishev, S.K. Moldabaev **ORDER OF MINING OF CLOSE STEEPLY FALLING** **ORES ON EXAMPLE OF LOMONOSOV DEPOSIT** **OF IRON ORE**

By using new order of working zone forming on steep oval form quarry boards possibility of separate mining of close steeply falling ores with productive power up to 16 mln. tons in

conditions of Lomonosov deposit of iron ores was proven. Working zone initially from 1–2, after 3 ledges with height up to 30 meters are moved on perimeter of steep boards. During such development of working zone in borders of steep boards excavators are used on wide areas, equal to the width of cross panel. Correspondence of phased quarry contours on both areas of given deposit by optimal phased volumes of overburden rocks and ore are provided through creation of dynamic model of explored technologies of mining realization – two level mining of ledges by cross panels during formation of ledge operation front of working zone perpendicular to the front of operation of steep board ledges. Phased contours of quarry constructed using integrated mining-geological informational complex and provide optimal regime of mining before execution of mining-geometric analysis. Correspondence analysis of graphs of mining regime shows if initial mining of ore reserves on Central area is worthwhile. In this case whole volume of overburden rocks of North-West area could be placed in mined area of first line quarry, which allows decreasing area of day surface under external falls almost 2 times. Terms of construction and realization of productive power by minimum relocation of quarry boards decreases 2–2,5 times compared to traditional technology of mining.

Key words: oval form quarries, working zone, steep boards, transverse panel, steeply falling ores, mining regime, internal falling formation.

AUTHORS

*Rakishev B.R.*¹, Academician of National Academy of Sciences of Kazakhstan, Doctor of Technical Sciences, Professor,

*Moldabayev S.K.*¹, Doctor of Technical Sciences, Professor,

¹ Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev, 050013, Almaty, Kazakhstan.

REFERENCES

1. Sakantsev G. G. *Vnutrennee otvaloobrazovanie na glubokikh rudnykh kar'erakh* (Internal falling formation in deep ore quarries), Ekaterinburg, IGD Uro RAN, 2008, 225 p.
2. Dryzhenko A., Nikiforova N. Technologies of overburden rock storing in depleted or operated iron-ore open pits of Ukraine. *Proc. Of the Bauman NMU «Theoretical and practical solutions of mineral resources mining»*, Dnipropetrovsk, A Balkema Book, pp. 493–503.
3. Kovalenko V.S., Artem'ev V.B., Opanasenko P.I. *Zemlesberegayushchie i zemlevospriizvodyashchie tekhnologii na ugol'nykh razrezakh* (Soil sustaining and soil creating technologies on coal ores), Moscow, Izd-vo «Gornoe delo» OOO «Kimmeriyskiy tsentr», 2013, 440 p.
4. Trubetskoy K. N. Peshkov A. A., Matsko H. A. *Gornyy zhurnal*. 1994, no 1, pp. 51–59.
5. Shapar' A. G., Yakubenko L. V., Piven' V. A., Romanenko A. V. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Forum gornyakov»* (Proceedings of the international conference «Miners forum»), Dnepropetrovsk, 2009, pp. 78–86.
6. Pshenichnyy V. G. *Vestnik Krivorozhskogo Natsional'nogo Universiteta*. 2012, issue. 31, pp. 3–6.
7. Rakishev B. R., Moldabaev S. K. *Innovational patent RK 26485*. Sposob otkrytoy razrabotki naklonnykh i krutykh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh, 2012.
8. Rakishev B. R., Moldabaev S. K. *Innovational patent RK 29038*. Sposob otkrytoy razrabotki krutopadayushchikh mestorozhdeniy poleznykh iskopaemykh s perekhodom na vnutrennee otvaloobrazovanie, 2014.
9. Moldabayev S., Rysbauly B. *Solution of nonlinear programming problem by Bellman method while optimizing the two-level mining of benches in deep open pits*. Proc. Of the Bauman NMU «Theoretical and practical solutions of mineral resources mining», Dnipropetrovsk, A Balkema Book, pp. 49–53.