

# РАЗРАБОТКА ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 622.341.15

Корнилов С.Н., Гавришев С.Е., Калмыков В.Н., Гоготин А.А., Петрова О.В., Пыталев И.А.

## ИЗЫСКАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ОТРАБОТКИ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ БАКАЛЬСКОГО РУДНОГО ПОЛЯ

В статье рассматриваются возможные варианты эффективной доработки запасов железных руд карьеров «Сидеритовый» и «Ново-Бакальский» Бакальского рудного поля. Представлены варианты отработки запасов железной руды в стесненных условиях открытым, подземным и комбинированным способами. В результате технико-экономического сравнения выбран оптимальный вариант ведения горных работ.

**Ключевые слова:** доработка, разработка, железные руды, карьер, система разработки, комбинированная отработка.

The article considers possible variants of effective completion of stocks of iron ores in the open-cast minings «Sideritic» and «New-Bakals» of the Bakals an ore field. Variants of working off of stocks of iron ore in the constrained conditions opened, underground and combined are presented by the ways. As a result of technical and economic comparison the optimum variant of conducting mountain works is chosen.

**Key words:** completion, mining, iron ores, open-cast mining, system of the mining, the combined working off.

Спецификой месторождений Бакальского рудного поля является низкое содержание железа (в среднем 35%) при высоком содержании оксида магния (в среднем 11%). Именно наличие магнезита не позволяет рассматривать Бакальские месторождения в качестве основной сырьевой базы ОАО «ММК». В силу особенностей горно-геологического строения месторождений, отработка запасов ведется открытым и подземным способами. При этом качество руды, добываемой открытым способом, выше качества руды, добываемой подземным способом. Разубоживание в первом случае составляет менее 3%, во втором – более 10%. Таким образом, в результате сложных горно-геологических условий, высокого разубоживания и низкого содержания железа проект горных работ по добыче руды месторождений Бакальского рудного поля требует особого подхода.

В пределах Бакальского рудного поля (площадь 150 км<sup>2</sup>) насчитывается более 20 железорудных месторождений.

Северо-Шиханский участок представлен серией рудных тел, располагающихся в разных стратиграфических пачках и на различных глубинах. На площади Сидеритового карьера рудные тела залегают вблизи поверхности и отрабатываются открытым способом. Основная часть запасов железных руд входит в поле шахты Сидеритовая и отрабатывается подземным способом.

Карьер Сидеритовый относится к «Северному» участку месторождения. В настоящее время карьер законсервирован и горные работы на нем не ведутся. Оработка запасов сидеритовых железных руд карьером велась с отступлением от проекта «Разработка сидеритов в зоне кварцитового карьера в поле шахты Сидеритовая». В результате чего часть запасов, около 3 млн тонн блока №30, оказалась в сложных горнотехнологи-

ческих условиях и их отработка на тот период времени являлась экономически нецелесообразной.

Низкое содержание сидерита в руде, характерное для месторождений Бакальской группы, и высокое разубоживание при подземном способе добычи, а также благоприятная ситуация на рынке черных металлов в настоящее время предопределили необходимость извлечения запасов блока №30 Северного участка Шиханского месторождения сидерита открытым способом.

Рудные тела блока №30 представлены сидеритами, имеющими неправильную пласто- или линзообразную форму. Наибольшая мощность рудных тел – до 35 м, наблюдается в северной части карьера.

В контурах карьера оставшиеся к доработке промышленные запасы составляют 1587,7 тыс.т. Данный объем определен в результате подсчета запасов с учетом следующих горно-геологических и технологических условий:

1) западный борт карьера частично попадает в границу зоны воронкообразования в результате ведения подземных горных работ шахты «Сидеритовая»;

2) на поверхности северного борта размещены внешние отвалы.

В соответствии с заданной годовой производительностью (300 тыс. м<sup>3</sup>) оставшиеся запасы полезного ископаемого достаточны для работы карьера в течение 7,3 года, однако выход на проектную мощность возможен только на третий год эксплуатации. Это связано со стесненными условиями в контурах существующего карьера, отсутствием транспортного доступа на верхние горизонты и требованиями предприятия к минимальному количеству горнотранспортного оборудования при обеспечении надежности работы карьера [1].

Для обеспечения возможности добычи сидерита были предложены и обоснованы следующие проектные решения:

1. Формирование транспортного доступа к верхним горизонтам для доставки выемочно-погрузочного оборудования и порожних автосамосвалов. В результате расчетов выбран оптимальный способ устройства автодороги вдоль юго-восточного борта карьера на базе ранее существовавшей железнодорожной ветки, связывающей Центральный карьер с промплощадкой ДОФ. Принято решение о формировании однополосной автодороги категории IV-к шириной не менее 12,1 м, за счет отсыпки ее из вскрышных пород существующих отвалов. При этом объем отсыпки составит 5 тыс.м<sup>3</sup>. Следует отметить, что данная дорога конструктивно не предназначена для пропуска груженых автосамосвалов (рис. 1 (1)).

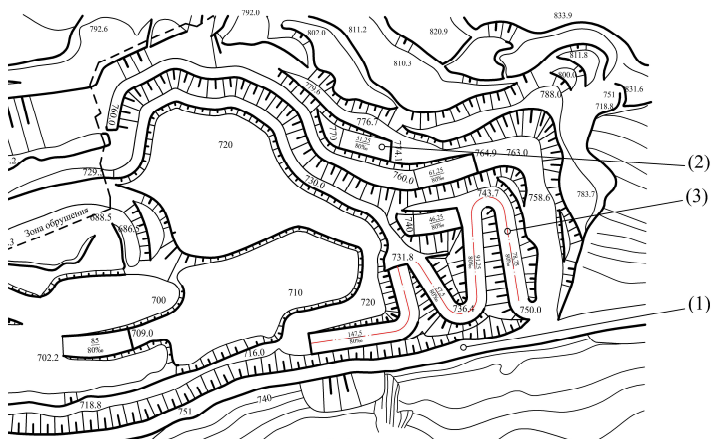


Рис. 1. Схема транспортных коммуникаций на гор. 750 м

2. Извлечение максимального объема сидерита в стесненных условиях карьера. Оно предполагает формирование временного автомобильного съезда на существующей в восточной части карьера площадке из вскрышных пород [2], добываемых при отработке верхних горизонтов с отметками 790–770 м (рис. 1 (2)). При этом будет обеспечен транспортный доступ с горизонта 750 м на горизонт 720 м, а также на горизонты 740 и 730 м за счет разворотных площадок с отметок 744 и 731 м. (рис. 1 (3)).

Данные проектные решения обеспечивают отработку максимального объема запасов в стесненных горно-геологических и горнотехнических условиях карьера «Сидеритовый».

При доработке запасов железной руды карьера «Сидеритовый» подготовка полезного ископаемого к выемке производится буровзрывным способом, в качестве ВВ применяются граммонит 79/21 и эмульсионные ВВ. В последующем порода

отгружается экскаваторами ЭКГ-5 в автосамосвалы БелАЗ-7547 грузоподъемностью 45 т. Вскрыша транспортируется в восточном направлении для складирования во внешние отвалы, а руда — на склад для перегрузки на железнодорожный транспорт.

В соответствии с заданием на проектирование необходимо было определить месторасположение перегрузочного склада руды. Были рассмотрены три варианта, сравнение которых производилось только по отличающимся параметрам (рис. 2).

**Вариант 1.** Предполагает задействовать существующий перегрузочный склад на карьере «Петлинский». В данном варианте доставка руды из карьера «Сидеритовый» до перегрузочного склада будет осуществляться автомобильным транспортом, среднее расстояние транспортирования 5100 м. На существующем перегрузочном складе имеющегося оборудования достаточно для переработки суммарного объема руды.

**Вариант 2.** Строительство нового перегрузочного склада у поста №9 железнодорожного перегона Бакал — ст. Кварцитная. Для реализации данного варианта необходимо восстановить железнодорожный путь и контактную сеть общей протяженностью 1100 м, произвести планировочные работы на месте предполагаемого склада, задействовать дополнительное оборудование (экскаватор ЭКГ-5 (ЭКГ-4,6Б), бульдозер Т-170 (Т-330, ДЭТ-250)). В данном варианте доставка руды из карьера «Сидеритовый» до перегрузочного склада будет осуществляться автомобильным транспортом, среднее расстояние транспортирования 2800 м.

**Вариант 3.** Строительство нового перегрузочного склада в районе ПТО карьера «Петлинский» на базе существующего железнодорожного тупика. Для реализации данного варианта необходимо задействовать дополнительное оборудование (экскаватор ЭКГ-5 (ЭКГ-4,6Б), бульдозер Т-170 (Т-330, ДЭТ-250)). В данном варианте доставка руды из карьера «Сидеритовый» до перегрузочного склада будет осуществляться автомобильным транспортом, среднее расстояние транспортирования 3800 м.

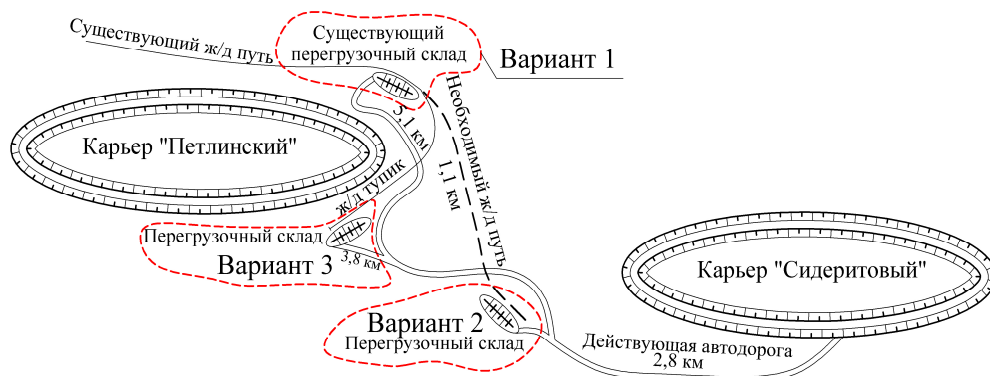


Рис.2. Варианты размещения перегрузочного склада

В результате проведенного технико-экономического сравнения трех вариантов размещения перегрузочного склада наиболее эффективным оказался третий вариант. В укрупненных расчетах не учитывались текущие затраты на эксплуатацию склада для второго и третьего вариантов, а также затраты на его ликвидацию после завершения добычных работ на карьере «Сидеритовый». Это связано с тем, что территории для рассматриваемых складов располагаются на землях, нарушенных горными работами и подлежащих рекультивации после завершения отработки, а задействованное оборудование предполагается переместить на другие объекты ООО «Бакальское рудоуправление». Схема перегрузочного склада в районе ПТО карьера «Петлинский» представлена на **рис. 3**.

Разработанные проектные решения и заданный годовой объем добычи сидерита определили календарный план горных работ, при котором выход карьера на проектную мощность возможен только на третий год. Это связано с горно-геологическими и горнотехническими особенностями карьера «Сидеритовый». При этом, в стесненных условиях, при отсутствии транспортной полосы отработка уступа производится тупиковыми заходками с шириной рабочей площадки – 24,0 м. На участках с шириной площадки менее 24 м предусматривается подача автосамосвала к экскаватору задним ходом на расстояние не более 30 м.

Таким образом, в соответствии с предложенными проектными решениями, в результате доработки запа-

сов железной руды карьера «Сидеритовый» будет сформирован карьер, глубина которого составит 120 м при ширине берм безопасности, равной 10 м, и углом строенного нерабочего уступа, равным 60°. При этом в течение 5 лет будет добыто более 1,5 млн т сидерита.

Карьером «Ново-Бакальский» отрабатывается также западная часть Северо-Шиханского месторождения, которое сложено маломощными пластообразными залежами сидеритов, падающими на юго-восток под углами 20–50°.

При выходе карьера «Ново-Бакальский» на проектный контур часть запасов Ново-Бакальского месторождения осталась в приконтурной зоне. Добыча данных запасов может осуществляться открытым, подземным и комбинированным способами. Возникает необходимость выбора рационального способа отработки данных запасов, позволяющего существенно снизить капитальные и эксплуатационные затраты при выемке приконтурных запасов сидерита.

Ново-Бакальское месторождение отработано карьером до отметки 440 м. Борты карьера сложены, в основном, скальными породами, прочностные и деформационные свойства которых определяются структурой массива.

Балансовые запасы руды по выемочным единицам, рассчитанные на основании разрезов, по блоку №29 составляют 6,9 млн т (**рис. 4**).

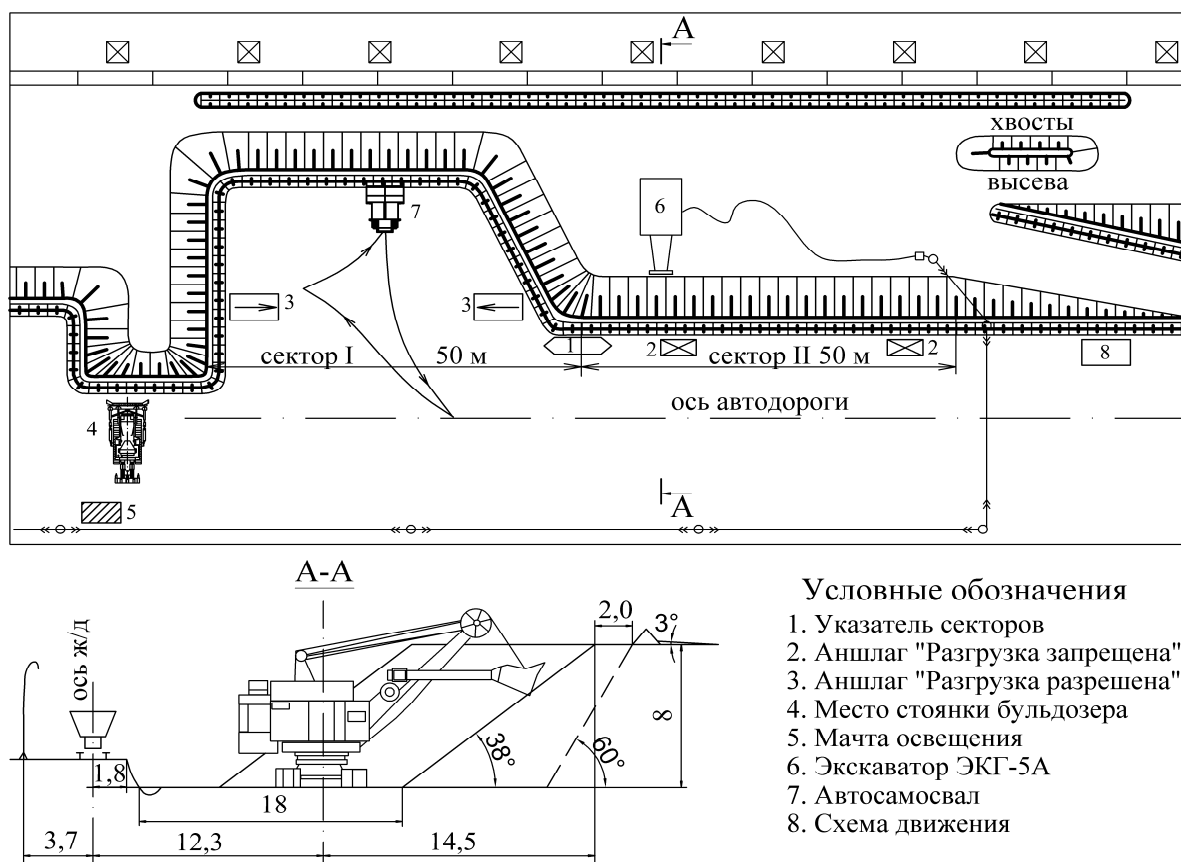


Рис. 3. Схема перегрузочного склада

Проектный контур карьера при отработке блока 29 открытым способом

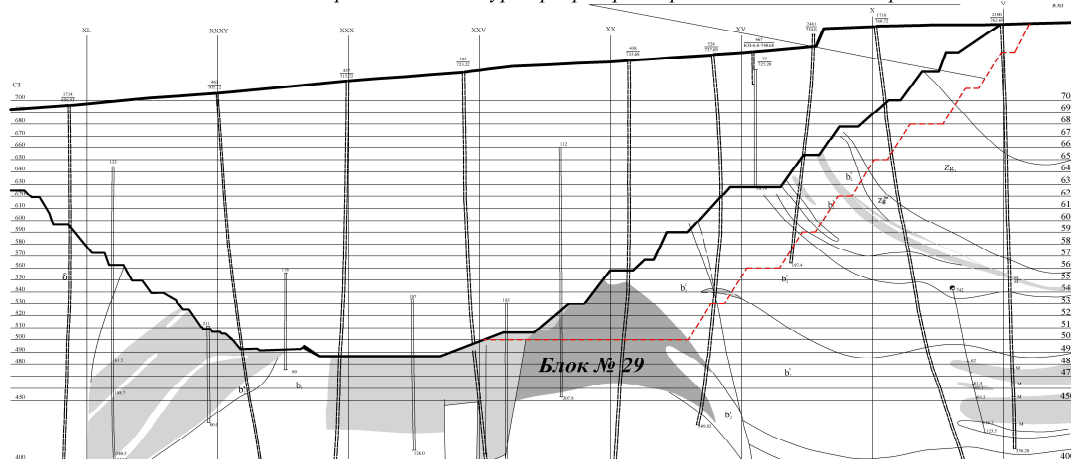


Рис. 4. Геологический разрез по линии 75

Было рассмотрено три способа доработки месторождения: открытый, комбинированный и подземный.

При доработке Ново-Бакальского месторождения открытым способом объем работ по горной массе составит 3,5 млн  $\text{м}^3$ . Разнос юго-восточного борта карьера производится с отн. +795 м до отн. +500 м. Извлекаемые запасы составят 265 тыс.  $\text{м}^3$ , объем вскрышных пород – 3,235 млн.  $\text{м}^3$ , коэффициент вскрыши – 3,5  $\text{м}^3/\text{т}$ . Однако технологически обеспечить извлечение данных объемов весьма сложно, поскольку для расконсервации данного борта необходимо создание минимальных рабочих площадок вдоль всего юго-восточного борта, что в свою очередь потребует переноса части отвалов, находящихся на данном борту. В связи с этим, доработка открытым способом не рентабельна.

Возможны следующие варианты отработки части прибортовых запасов блока № 29 с использованием открыто-подземных технологий. Объем запасов выше горизонта 520, прилегающих к контуру карьера «Ново-Бакальский», составит 27,5 тыс.  $\text{м}^3$  при увеличении угла заоткоски уступов до 62°. В качестве конкурирующих были рассмотрены варианты с различными схемами размещения бурового оборудования. В первом случае бурение производится непосредственно из

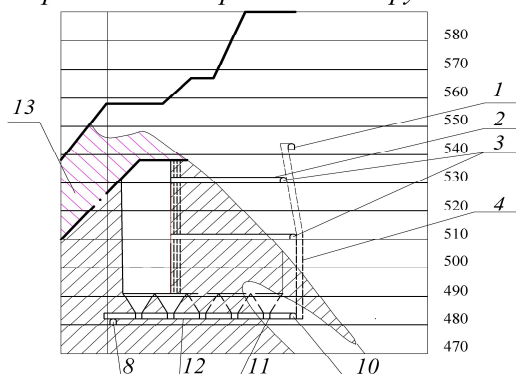
карьерного пространства буровыми станками НКР-100М. Однако, это трудноосуществимо в связи с тем, что расстояние от бурового станка до борта карьера изменяется от 1 до 8 м. Обустройство массива с бермы вышележащего горизонта затруднительно в связи с отсутствием в настоящее время доступа к ней. Во втором случае предлагалось использовать в качестве места размещения бурового станка буровой штрек, пройденный в борту карьера. В обоих вариантах отбойка будет производиться зарядами вееров скважин несколькими секциями. Последующая уборка и доставка рудной массы осуществляется экскаватором ЭКГ-5 и самосвалами БелАЗ.

Реализация обоих вариантов потребует прекращения работы карьера «Ново-Бакальский» на длительный срок (до полугода). Поэтому данные варианты впоследствии не рассматривались.

Для отработки прибортовых запасов блока №29 приняты к рассмотрению следующие системы разработки и схемы подготовки.

Этажно-камерные системы разработки с подэтажной отбойкой переносным или самоходным оборудованием и выдачей рудной массы через наклонный конвейерный ствол (рис. 5).

С применением переносного оборудования



С применением самоходного оборудования

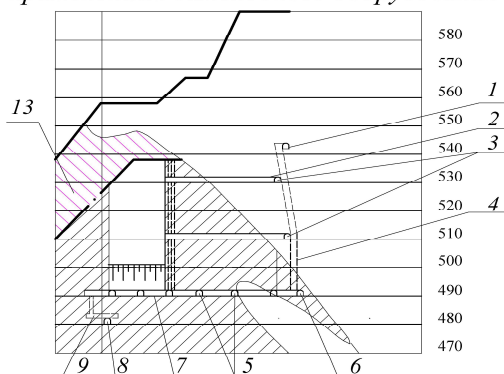


Рис.5. Этажно-камерная система разработки с подэтажной отбойкой:

- 1 – вентиляционный штрек № 1; 2 – буровой орт; 3 – подэтажные штреки; 4 – блоковый восстающий; 5 – заезды; 6 – транспортный штрек; 7 – доставочный орт; 8 – транспортный штрек 1/29; 9 – камера скреперной лебедки; 10 – транспортный штрек 1/28; 11 – дучка; 12 – скреперный орт; 13 – предохранительный цепик



Системы разработки открытыми камерами и подэтажным обрушением с применением самоходного оборудования (рис. 6):

- 1) с выдачей рудной массы: через карьерное пространство; через наклонный конвейерный ствол;
- 2) с подготовкой блока №29 к очистным работам: полевой; рудной; комбинированной;
- 3) с расположением панелей: вкрест простирания рудного тела; по простиранию рудного тела.

При применении этажно-камерной системы разработки с подэтажной отбойкой, у контура карьера оставляется предохранительный целик шириной 20 м.

Расчетный пролет камеры при применении самоходного оборудования – 26 м, переносного оборудования – 20 м, ширина междуканнерного целика – 14 м при применении самоходного оборудования, 11 м – переносного. Высота камер 60 м, длина изменяется в зависимости от мощности рудного тела – от 90 до 40 м. После отработки камерных запасов осуществляется выемка целиков. При применении данной системы разработки потери составляют – 28,6%, разубоживание – 9,8%.

Для отработки блока №29 рассмотрены также системы разработки открытыми камерами и подэтажно-го обрушения с применением самоходного оборудования. При данном варианте выдача рудной массы может осуществляться как через наклонный конвейерный ствол непосредственно на ДОФ, так и в карьерное пространство, а затем на обогатительную фабрику.

В первом случае с каждого подэтажа рудная масса будет перемещаться посредством рудоспусков на горизонт 480 м. Там, через полки с помощью скреперных лебедок ЛС-55-2С грузится в вагонетки и затем доставляется до наклонного конвейерного ствола. Дополнительно необходимо проведение откаточных выработок по горизонту 480 м, длина которых составит 1296 м, а объем работ – 15552 м<sup>3</sup>.

Во втором варианте выдача рудной массы осуществляется посредством автосамосвалов МоАЗ-7529 через наклонный съезд в карьерное пространство,

затем производится перегрузка в карьерные автосамосвалы БелАЗ. После этого рудная масса поступает на рудный склад, где перегружается в вагоны, и по железной дороге доставляется на ДОФ.

Таким образом, для отработки запасов блока №29 сконструированы четыре технологические схемы с двумя различными вариантами доставки рудной массы до ДОФ:

- с расположением полевой подготовительной выработки по лежащему борту рудного тела и ориентацией панелей вкрест простирания;
- с проходкой рудной подготовительной выработки вдоль борта карьера с оставлением охранного целика и ориентацией панелей вкрест простирания рудного тела;
- с размещением полевой подготовительной выработки по лежащему боку залежи, рудной выработки в борту карьера, оставлением охранного целика и ориентацией панелей вкрест простирания;
- с расположением полевой подготовительной выработки по лежащему боку рудного тела и ориентацией панелей по простиранию.

По данным системам разработки был произведен расчет критериев эффективности инвестиционных проектов.

Анализ полученных результатов показал предпочтительность вариантов систем разработки открытыми камерами, подэтажного обрушения и применением самоходного оборудования. Варианты предусматривают полевую подготовку блока и расположение панелей вкрест простирания рудного тела, выдачу рудной массы через карьерное пространство. Реализация данного варианта для отработки блока №29 обеспечит максимум чистого дисконтированного дохода – 96,46 млн руб., срок окупаемости инвестиций – 5 лет, индекс доходности – 5 и внутреннюю норму доходности 29,3% при сроке освоения запасов 16 лет с годовой производительностью 350 тыс.т.

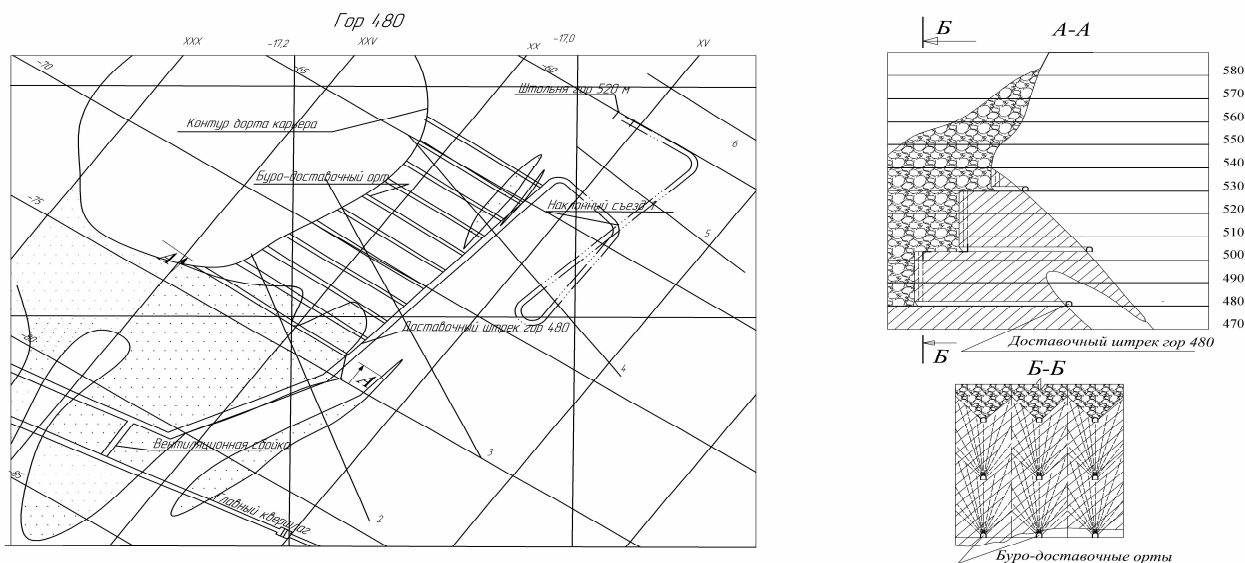


Рис.6. Отработка блока №29 системой разработки: подэтажного обрушения и ориентацией панелей вкрест простирания

Сопоставимым по экономическим показателям является вариант системы разработки открытыми камерами и подэтажного обрушения с применением самоходного оборудования. Вариант предусматривает полевую подготовку блока, расположение панелей вкрест простирания рудного тела, выдачу рудной массы через карьер. Значение чистого дисконтированного дохода по данной системе разработки на 6% меньше, чем при варианте с полевой подготовкой блока к выемке, внутренняя норма доходности и срок окупаемости на одном уровне, индекс доходности ниже на 20% и составляет 4,05.

Повышение качества рудной массы и снижение себестоимости добычи на месторождениях Бакальской группы достигается при реализации следующих проектных решений:

Применение комбинированной отработки части прибортовых запасов позволит увеличить долю запасов, извлекаемых открытым способом, за счет чего повысится качество добываемой рудной массы.

Так как при подземном способе отработки месторождения и использовании этажно-камерных систем разработки качество рудной массы, как правило, ухудшается, предлагается применить данный вариант

системы разработки без погашения междуканальных целиков, что уменьшит разубоживание.

Снижение себестоимости добываемой рудной массы обосновывается применением мощного высокопроизводительного оборудования.

Внедрение систем разработки открытыми камерами и подэтажного обрушения при отработке приконтурных запасов ведет к существенному снижению удельного объема подготовительно-нарезных работ, позволяет произвести выемку запасов с высокой полнотой извлечения.

#### Список литературы

1. Гавришев С.Е., Грязнов М.В., Рахмангулов А.Н. Методы обеспечения надежности работы карьеров // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2003. №4. С.11–16.
2. Гавришев С.Е., Пыталев И.А. Перспективные направления использования отвалов и выработанного карьерного пространства // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2007. №4. С.10–14.

#### Bibliography

1. Gavishev S.Y., Gryaznov M.V., Rakhmangulov A.N. Methods of maintenance of reliability of work of the open-cast mining // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2003. №4. P.11–16.
2. Gavishev S.Y., Pytalev I.A. Perspective directions of use mine dumps and the worked-out area of open pit // Vestnik of MSTU named after G.I. Nosov. 2007. №4. P.10–14.

УДК 622.676-82

Вагин В.С., Туркин И.С.

## ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕРЕДВИЖНЫХ ПРОХОДЧЕСКИХ ПОДЪЕМНЫХ УСТАНОВОК С БЕЗРЕДУКТОРНЫМ ГИДРАВЛИЧЕСКИМ ПРИВОДОМ ПРИ ПРОХОДКЕ ВЕРТИКАЛЬНЫХ СТВОЛОВ СТРОЯЩИХСЯ ШАХТ

Приведены результаты сравнительного анализа технико-экономических показателей передвижных проходческих подъемных установок с редукторным асинхронным и безредукторным гидравлическим приводами при сооружении вертикальных стволов шахт.

**Ключевые слова:** проходческая подъемная установка, тяговый орган, стальная лента, безредукторный гидравлический привод, электромеханический асинхронный привод, экономическая эффективность.

Results of the comparative analysis of technical and economic indicators mobile shaft elevating installations with reduction asynchronous and without reduction hydraulic drives are resulted at a construction of vertical trunks of mines.

**Key words:** prohodchesky elevating installation, traction body, steel tape, without a reducer an electrohydraulic drive, electro-mechanical asynchronous drive, economic efficiency.

Важнейшей задачей, стоящей перед горнодобывающей промышленностью, в настоящее время является обеспечение промышленности России топливно-сырьевыми ресурсами. Решение этой стратегической задачи настоятельно требует увеличения масштабов и темпов нового шахтного строительства. При этом острая проблема максимального сокращения сроков сооружения вертикальных стволов вызывает необходимость существенного повышения технического уровня и эффективности горнопроходческой техники, особенно в передвижном исполнении.

Применяемые в настоящее время одноканатные передвижные проходческие подъемные машины типа МПШ имеют значительную массу (14–177 т), большие габариты и относительно небольшую высоту подъема (300–600 м) при номинальной грузо-

подъемности 25–171 кН. При этом масса электромеханического асинхронного привода машин составляет 10–45 т (25–40 % от их полной массы).

Для повышения степени технического совершенства проходческого подъема необходимо решение двух вопросов: во-первых, создания малогабаритных проходческих подъемных машин, во-вторых, компактных высокоэффективных безредукторных систем приводов. Успешное решение первого вопроса возможно путем использования высокопрочной гибкой стальной ленты. При этом масса подъемных машин с бобинной навивкой стальной ленты при использовании бадей емкостью от 1 до 6,5 м<sup>3</sup> уменьшается более чем в четыре раза [1].

Для малогабаритных передвижных проходческих подъемных машин нужен особо компактный нетради-