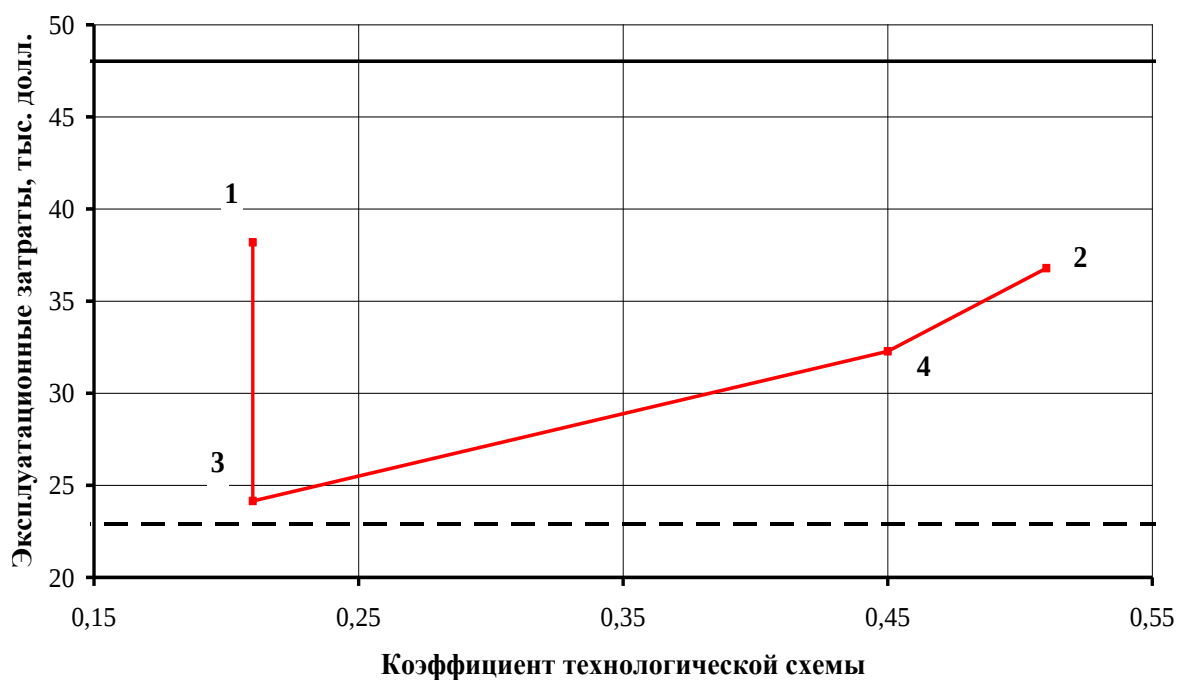


Таблица 1 — Определение эффективности применения разработанных технологических схем вскрытия новых горизонтов

№ технологической схемы	Схема работы гидравлического и механического экскаваторов	Коэффициент технологической схемы	Коэффициент расположения зоны работы гидравлического экскаватора	v м/сут.
1	параллельная	0,21	1	0,73
2	параллельная	0,51	1	1,04
3	последовательная	0,21	0,4	0,84
4	последовательная	0,45	0,8	0,81

Использование этих данных позволяет адекватно оценить стоимость эксплуатации машины, ведь модели идентифицированы только по спецификации, без указания производителя. Эксплуатационные затраты на использование предложенных технологических схем вскрытия новых горизонтов в условиях пород, характерных для Криворожского железорудного бассейна, приведены на графике (рис. 6).



1,2,3,4 -номер технологической схемы, сплошной и штриховой линиями обозначены эксплуатационные затраты на послынную проходку траншеи прямой механической лопатой в сухих и обводнённых условиях, соответственно

Рисунок 6 – Эксплуатационные затраты на выемочно-погрузочное оборудование

Выводы и направления дальнейших исследований. Предложена классификация технологических схем строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях. Установлено, что строительство траншей в сложных гидрогеологических условиях с помощью прямых электрических лопат приводит к

снижению скорости вскрытия уступа на 30-60% и увеличению эксплуатационных затрат на 40-50% в сравнении с работой в сухих условиях.

Разработаны и обоснованы комбинированные технологические схемы вскрытия глубоких горизонтов железорудных карьеров в сложных гидрогеологических условиях. Основной идеей разработанных технологических схем является использование при проходке траншей обратных гидравлических лопат для создания безопасных условий для работы электрических механических лопат и обеспечения высокой скорости строительства траншей. Технико-экономические показатели разработанных технологических схем строительства траншей в сложных гидрогеологических условиях близки к показателям прямых механических лопат в сухих условиях.

Дальнейшие исследования будут направлены на обоснование технологических параметров и области применения разработанных схем строительства траншей. На основе теории движения подземных вод, для карьеров со сложными гидрогеологическими условиями будет уточнена аналитическая зависимость для определения скорости углубки карьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев, А. И. Производительность карьеров / А. И. Арсентьев. – СПб: Санкт-Петербургский горный ин-т, 2002. – 85 с.
2. Дриженко, А. Ю. Открытая разработка железных руд Украины: состояние и пути совершенствования: монография / А.Ю. Дриженко, Г.В. Козенко, А.А. Рыкус; под ред. А. Ю. Дриженко. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет; Полтава: Полтавський літератор, 2009. – 452 с.
3. Арсентьев, А.И. Разработка месторождений твердых полезных ископаемых открытым способом: учебник / А. И. Арсентьев. – СПб.: СПб. гос. горн. ин-т (техн. ун-т), 2010. – 115 с.
4. Бизов, В.Ф. Проектування гірничих підприємств / В.Ф. Бизов. – Кривий Ріг: Мінерал, 2003. – 341 с.
5. Бизов, В. Ф. Відкриті гірничі роботи / В.Ф. Бизов, А.Ю. Дриженко. – Кривий Ріг: Мінерал, 2003. – 341 с.
6. Подэрни, Р.Ю. Горные машины и комплексы для открытых горных работ: в 2-х томах Т.1. / Р.Ю. Подэрни – М.: Изд-во МГТУ, 2001. – 422 с.
7. Проектирование карьеров: Учебник / К.Н. Трубецкой, Г.Л. Краснянский, В.В. Хронин, В.С. Коваленко - 3-е издание, переработанное. – М: Высшая школа, 2009. – 694 с.
8. Слободянюк, В. К. Совершенствование технологии проходки траншей в сложных горно-геологических условиях глубоких горизонтов железорудных карьеров. / В. К. Слободянюк, Ю.Ю. Турчин // Геотехнічна механіка: Міжвід. зб. наукових праць / Ін-т Геотехнічної механіки ім. М. С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2012. – Вип. 103. – С. 203 – 210.
9. Дослідження та розробка нових технологічних схем розкриття та введення в експлуатацію глибких горизонтів залізрудних кар'єрів: звіт про НДР (закл.) / ДВНЗ «Криворізький національний університет»; кер. В.К. Слободянюк. – ДР 0115U003347; Інв. 0715U004949. – Кривий Ріг, 2015р. – 92 с.
10. Western Mine Engineering. Mine and mill equipment costs. - Inc. Washington: Western Mine Copyright, 1995. – 14 p.

REFERENCES

1. Arsentyev, A.I. (2002), *Proizvoditelnost caryerov* [Pits productivity], Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russia.
2. Drizhenko, A.Yu., Kozenko, G.V. and Rykus, A.A. (2009), *Otcrytaya razrabotka zheleznykh rud Ukrainy: sostoyanie i puty sovershenstvovaniya*. [Open pit of iron ore in Ukraine: state and ways of improvement], National Mining University-Poltavian Literator, Dnipropetrovsk – Poltava, Ukraine.

3. Arsentyev, A.I. (2009), *Razrabotka mestorozhdeniy tverdykh poleznykh iskipaemykh otkrytym sposobom* [The development of solid mineral deposits by open method], Saint Petersburg Mining Institute, Saint Petersburg, Russia.
4. Byzov, V.F. (2003), *Proektuvannya girnychikh pidpriemstv* [Designing of mining enterprises], Mineral, Kryvyi Rih, Ukraine.
5. Byzov, V.F. and Drizhenko, A.Yu. (2003), *Vidkryti girnychi roboty* [Open pit mining], Mineral, Kryvyi Rih, Ukraine.
6. Poderny, R.Yu. (2001), *Gorniye mashiny i komplekсы dlya otkrytykh gornykh rabot* [Mining machines and systems for open mining operations], vol. 1, MGGU, Moscow, Russia.
7. Trubetskoy, K.N., Krasnyanskiy, G.L., Hronin, V.V. and Kovalenco, V.S. (2009), *Proektirovanie karyerov* [Pits designing], High school, Moscow, Russia.
8. Slobodyanyuk, V.K. and Turchin, Yu.Yu. (2012), "Improvement of technology of the driving of trenches in difficult mining and geological conditions of the deep horizons of iron ore pits." *Geotekhnicheskaya Mekhanika* [Geo-Technical Mechanics], no. 103, pp. 203-210.
9. Slobodyanyuk, V.K., Turchin, Yu.Yu. and Slobodyanyuk, R.V. (2015), *Doslidzhennia ta rozrobka novukh technologichnykh skhem rozkryttia ta vvedennia v ekspluatatsiyu glybokyykh goryzontiv zalizorudnykh karyeriv* [Research and development of new process flow charts for opening and putting into operation the deep levels of iron ore open pits], SHEI "KNU", Kryvyi Rih, Ukraine.
10. Western Mine Engineering (1995), "Mine and mill equipment costs", Inc. Washington, Copyright, USA.

Об авторах

Слободянюк Валерий Константинович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры Открытых горных работ, Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет» (ГВУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, slobod_v@i.ua.

Турчин Юрий Юрьевич, аспирант кафедры открытых горных работ Государственное высшее учебное заведение «Криворожский национальный университет» (ГВУЗ «КНУ»), Кривой Рог, Украина, chinasky@ukr.net.

About the authors

Slobodyanyuk Valeriy Konstantinovich, Candidate of Technical Sciences (Ph.D.), Associate Professor, Associate Professor of Open Pit Mining Department, State Higher Educational Institution «Kryviy Rih National University» (SHEI "KNU"), Kryviy Rih, Ukraine, slobod_v@i.ua.

Turchin Yurey Yuryevich, Postgraduate Student of Open Pit Mining Department, State Higher Educational Institution «Kryviy Rih National University» (SHEI "KNU"), Kryviy Rih, Ukraine, chinasky@ukr.net.

Анотация. Аналіз роботи гірничих підприємств показав, що в останні роки зі збільшенням глибин кар'єрів та їх розмірів по денній поверхні збільшилась кількість випадків періодичного затоплення глибоких горизонтів зливовими і підземними водами. В цих умовах, існуючі схеми проходки траншей з використанням прямих механічних лопат є не ефективними і небезпечними.

Актуальним питанням є розробка та впровадження ресурсозберігаючих, безпечних технологій розкриття глибоких горизонтів, що допускають часткове або повне затоплення дна кар'єру.

В статті виконаний аналіз факторів, що впливають на швидкість розкриття уступів. Визначена швидкість проходки траншей в умовах їх підтоплення кар'єрними водами. Розроблено комбіновану технологічну схему проходки траншей з використанням обернених гідравлічних та прямих механічних екскаваторів.

Запропонована класифікація комбінованих технологічних схем будівництва траншей.

Ключові слова: розкриття уступів, спосіб будівництва траншей.

Abstract. Analysis of mining companies work shows that during the last years, due to great deepening of the open pits and increasing their sizes along the daylight surface, periodic flooding of the pit lower horizons with rain and subsoil water have happened more frequently. In this context,

the current approaches to construction of haulage inclines with using a face shovel is inefficient and unsafe. Development and justification of new resource-saving and safe technologies for opening the deep horizons allowing for the partial or full flooding of the pit floor are relevant to date. Factors affecting the rate of opening the benches are analyzed in this article. Rate of the haulage inclines constructing is determined with taking into account waterlogging with the pit waters. A combined method of using a backhoe hydraulic shovel and a face shovel was developed for constructing the haulage inclines. Classification of the combined methods for constructing the haulage inclines is proposed.

Keywords: horizons striping, methods of constructing the haulage inclines.

Статья поступила в редакцию 31.07.2015

Рекомендовано к печати д-ром техн. наук М.С. Четвериком

УДК 622.271:622.013

Швец Д.В., аспирант,
Малеев Е.В., магистр
(ИГТМ НАН Украины)

ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ РАБОТ В ГЛУБОКИХ КАРЬЕРАХ ПРИ ДОРАБОТКЕ ИХ ДО КОНЕЧНОЙ ГЛУБИНЫ

Швец Д.В., аспірант,
Малєєв Є.В., магістр
(ІГТМ НАН України)

ПРИОРИТЕТНІ НАПРЯМКИ РОЗВИТКУ ГІРНИЧИХ РОБІТ У ГЛУБОКИХ КАР'ЄРАХ ПРИ ДОРОБЦІ ЇХ ДО КІНЦЕВОЇ ГЛУБИНИ

Shvets D.V., Doctoral Student,
Malieiev Ye.V., Master of Sciences
(IGTM NAS of Ukraine)

PRIORITY AREAS OF THE MINING OPERATION EXPANSION IN THE DEEP OPEN-PITS UP TO THE TOTAL DEPTH

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы обеспечения возможностей максимального извлечения и транспортировки запасов железных руд с глубоких горизонтов карьеров при минимизации вскрышных работ.

В работе проанализировано современное состояние действующих глубоких карьеров, на основании чего определены приоритетные направления развития открытых горных работ, а также рассмотрена их доработка до конечной глубины. Снижение высокой себестоимости выпускаемого концентрата отечественными ГОКаи, в сложившейся ситуации падения цен на железорудное сырье, возможно достичь за счет уменьшения объемов законсервированных балансовых запасов железной руды под транспортными коммуникациями, концентрационными горизонтами комплексов ЦПТ и перегрузочными пунктами.

Для обеспечения возможности извлечения запасов в пределах дна карьера, с меньшими затратами на вскрышные работы, разработана технологическая схема для повышения

результатирующего угла откоса борта.

Проанализированы способы транспортирования извлекаемых запасов с глубоких горизонтов, с учетом увеличения углов откосов бортов карьера, на поверхность по кратчайшему пути с применением скиповых подъемных установок и конвейерного транспорта.

Ключевые слова: себестоимость добычи руды, законсервированные запасы, транспортные коммуникации, концентрационный горизонт, доработка глубоких горизонтов.

Введение. Анализ потребности в сырьевой продукции в мире свидетельствует о возрастании спроса на железорудное сырье, главным потребителем которого является экономика Китая. В связи с этим крупнейшие поставщики железорудной продукции, такие страны как Австралия и Бразилия, в условиях рыночной конкуренции за новые рынки сбыта активно понижают цены с целью увеличения объемов экспортируемого сырья. Так за первый квартал текущего года бразильские трейдеры увеличили объем экспорта железорудного сырья на 9,1 % по сравнению с отчетным периодом прошедшего года, а австралийские – на 22 % [1].

Со стороны горнодобывающих корпораций, производящих железорудное сырье, снижение объемов производства в ближайшее время не предусматривается, что могло бы сбалансировать ситуацию на мировом рынке. Все это связано с тем, что горнодобывающая отрасль является высоко инерционной системой и в условиях гибкого ценообразования единственным направлением развития открытых горных работ является снижение себестоимости добычи руды без ухудшения ее качественных геолого-минералогических характеристик.

Украинский железорудный рынок сырья также является участником мировой торговли. Однако качество отечественной продукции существенно уступает зарубежному по содержанию железа, вредных примесей и влажности, что снижает конкурентоспособность экспортируемого сырья [2]. К тому же украинское железорудное сырье имеет высокую себестоимость, что обуславливается целым рядом факторов, один из которых увеличение глубины добычи и расстояний транспортировки руды.

В связи с этим в работе поставлена цель обосновать возможности максимального извлечения и транспортировки запасов железных руд с глубоких горизонтов карьеров при минимизации вскрышных работ и соответственно себестоимости продукции.

Теоретическая часть. Себестоимость добываемой в Украине руды в основном формируется за счет (см. рис. 1):

Анализ ведения горных работ на крупнейших ГОКах Украины показал, что уменьшение себестоимости добываемой руды возможно по следующим направлениям:

- извлечение законсервированных балансовых запасов, которые учтены при определении конечной глубины карьеров, однако на сегодняшний день по технологическим причинам не извлечены из недр;

- сокращение затрат на транспортировку добываемой руды и вскрышных пород [3];

– уменьшение объемов вскрышных работ, что возможно путем увеличения углов откосов бортов карьера на добычных горизонтах [4].

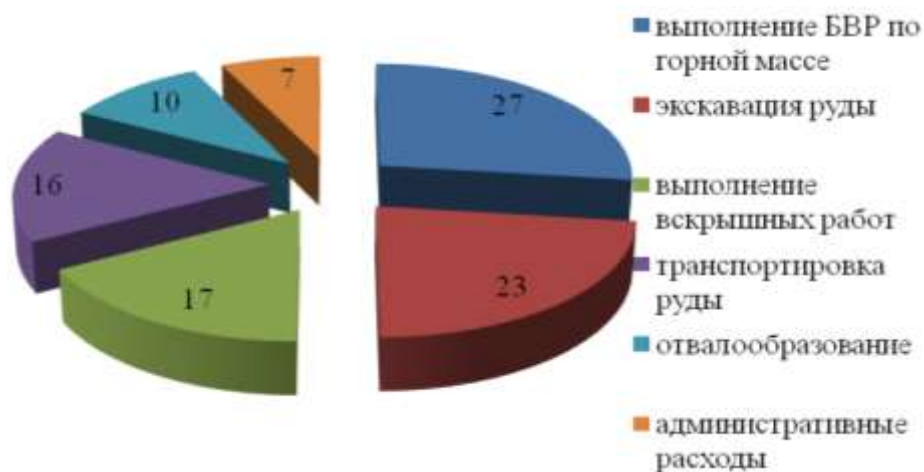


Рисунок 1 – Калькуляция себестоимости добычи руды по затратам

Результаты исследования. Приоритетные направления развития открытых горных работ глубоких карьеров при доработке их до конечной глубины следует рассматривать с учетом горно-геометрического анализа геологического строения каждого железорудного месторождения, разрабатываемого конкретным карьером.

Далее приведен анализ современного состояния горных работ глубоких железорудных карьеров, разрабатывающих крутопадающие залежи, и определены перспективные направления дальнейшего развития их отработки.

Карьер ПАО «Ингулецкого горно-обогатительного комбината» (ПАО «ИНГОК») вскрыт до горизонта – 390 м. На сегодняшний день глубина карьера составляет 468 м при проектной глубине 678 м. Подвигание фронта горных работ производится от постоянного южного борта в направлении на север, параллельными заходками, вкрест простирания залежи месторождения. Применяемая транспортная система разработки с использованием комбинированного транспорта (автомобильно-конвейерного и автомобильно-железнодорожного) состоит из подземного комплекса ЦПТ и восьми перегрузочных пунктов, которые не только консервируют запасы руды, но и сдерживают интенсивность ведения горных работ, т.е. уменьшается протяженность активного фронта по руде (см. рис. 2).

Исходя из анализа ситуации развития горных работ в карьере, приоритетными направлениями развития технологического комплекса по добыче руды и выемке вскрышных пород карьера ПАО «ИНГОКа», обеспечивающими снижение себестоимости продукции, являются:

- применение автомобильного транспорта, технические и эксплуатационные характеристики которого позволят сократить размеры рабочих площадок и транспортных коммуникаций [5], а также обеспечат больший преодолеваемый продольный уклон;

- ввод железнодорожного транспорта на нижележащие горизонты, что

уменьшит дальность транспортировки автомобильным транспортом и, следовательно, количество перегрузочных пунктов;

– извлечение законсервированных запасов в объеме 53,3 млн. т железной руды под концентрационным горизонтом минус 180 м конвейерного тракта «Восточный» и 35,6 млн. т железной руды под концентрационным горизонтом минус 240 м конвейерного тракта «Западный» подземного комплекса ЦПТ путем поэтапного переноса дробильно-перегрузочных пунктов на нижележащие концентрационные горизонты;

– увеличение результирующего угла откоса борта и постановка его в предельное положение с целью уменьшения коэффициента вскрыши.

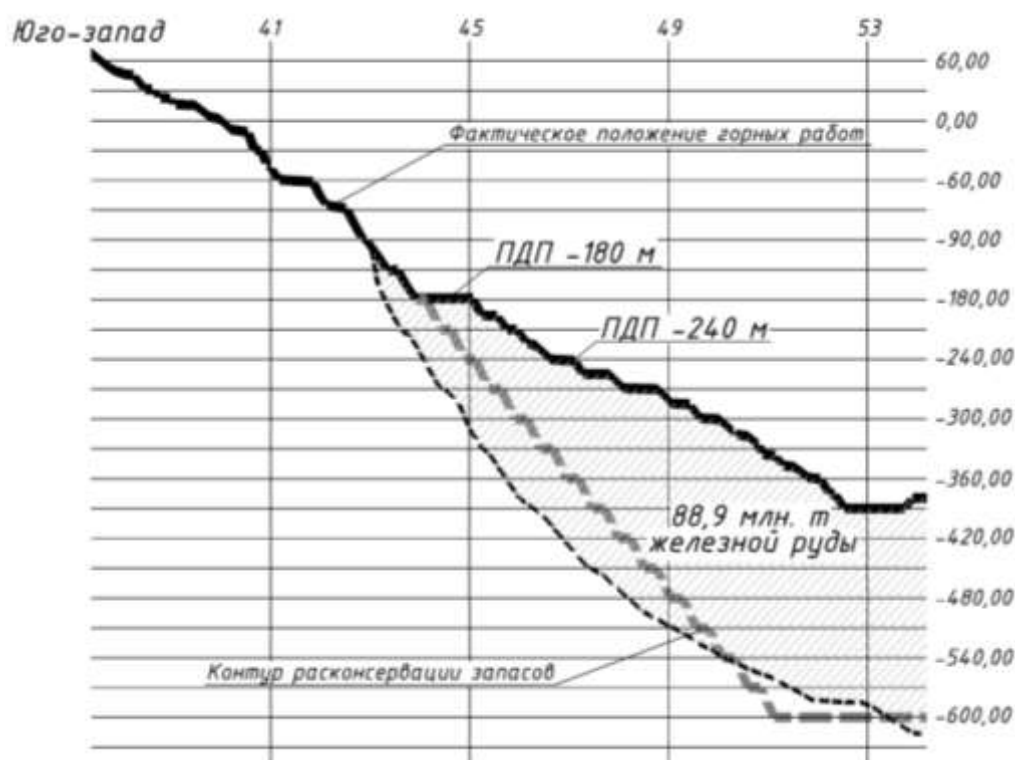


Рисунок 2 – Геолого-маркшейдерский разрез законсервированных запасов железной руды под концентрационными горизонтами ПДП подземного комплекса ЦПТ карьера ПАО «ИНГОКа»

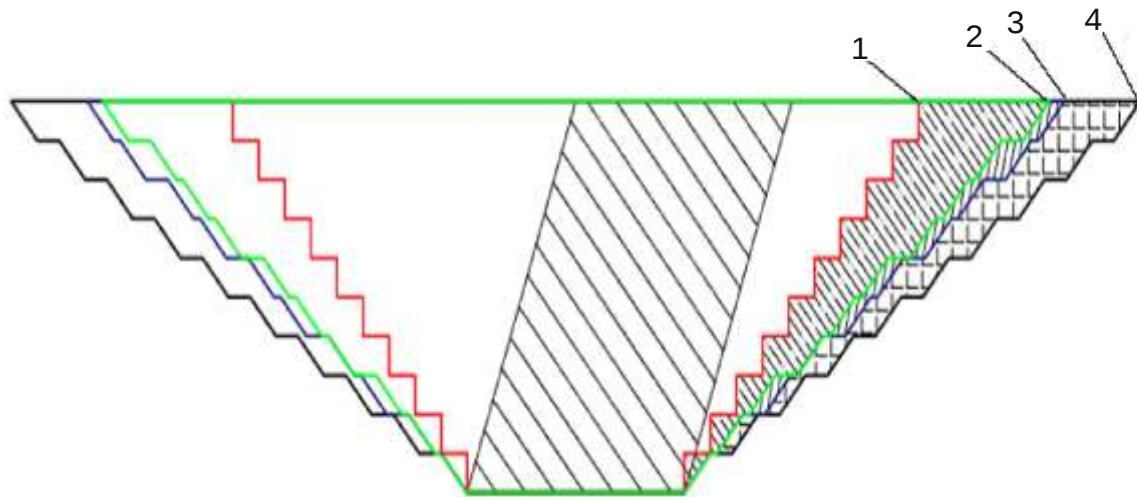
Сокращение количества перегрузочных пунктов, расконсервация запасов, снижение объемов вскрышных работ и сокращение в целом затрат на извлечение запасов в пределах дна карьера возможно достичь путем повышения результирующего угла откоса бортов карьера.

В настоящее время углы откоса бортов карьера ПАО «ИНГОКа» составляют 38,5-41,5°. В мировой практике максимальным углом откоса борта карьера является 45-60° в зависимости от конкретных горно-геологических условий месторождения.

Для возможности обоснования формирования борта карьера с увеличением углов откоса рассмотрены четыре наиболее часто встречающиеся в научно-практических разработках технологические схемы: **1 схема** – угол откоса уступа 90°; **2 схема** – строенные уступы; **3 схема** – сдвоенные уступы; **4 схема** – базовый

вариант с нормальной шириной бермы безопасности и углами откоса борта карьера (рис. 3).

Поскольку конечной целью является извлечение запасов при наименьших объемах вскрышных работ, то для каждой из вышеперечисленных схем определен коэффициент вскрыши и площадь карьера по поверхности.



1 – при углах откосов уступов 90°; 2 – при строенных уступах; 3 – при сдвоенных уступах; 4 – при базовом варианте

Рисунок 3 – Положение борта карьера при различных технологических схемах

Порядок выбора технологии постановки борта карьера с критерием оптимальности – площадь карьера по поверхности, в математической постановке выглядит следующим образом

$$S_{нов} = (L_{дон} + 2 \cdot L_{борт}) \cdot (III_{дон} + 2 \cdot L_{борт}), \text{ м}^3 \quad (1)$$

где $III_{дон}$, $L_{дон}$ – соответственно ширина и длина дна карьера по низу, м; $L_{борт}$ – длина проекции откоса борта карьера, м.

$$L_{борт} = n \cdot (h_y \cdot \text{ctg} \alpha + B) = H_k \cdot \text{ctg} \alpha + n \cdot B, \text{ м} \quad (2)$$

где n – количество уступов; h_y – высота уступа, м; α – угол откоса уступа, град; B – берма безопасности (для сдвоенных и строенных уступов разные значения), м; H_k – глубина карьера, м.

Методика выбора технологии постановки борта карьера с критерием оптимальности – коэффициент вскрыши, в математической постановке выглядит следующим образом.

$$K_v = V_v / V_{ми} \quad (3)$$

где V_v , $V_{ми}$ – соответственно объемы вскрыши и полезного ископаемого, м³;

$$V_g = V_{zm} - V_{ni}, \text{ м}^3 \quad (4)$$

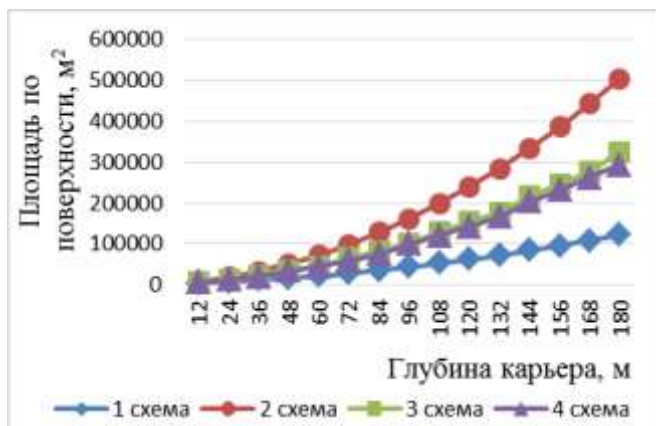
где V_{zm} – объем горной массы, м^3 ;

$$V_{ni} = \Pi_{\partial} \cdot H_{\kappa} \cdot L_{\kappa}, \text{ м}^3 \quad (5)$$

где Π_{∂} , H_{κ} , L_{κ} – соответственно ширина, высота и протяженность карьера, м;

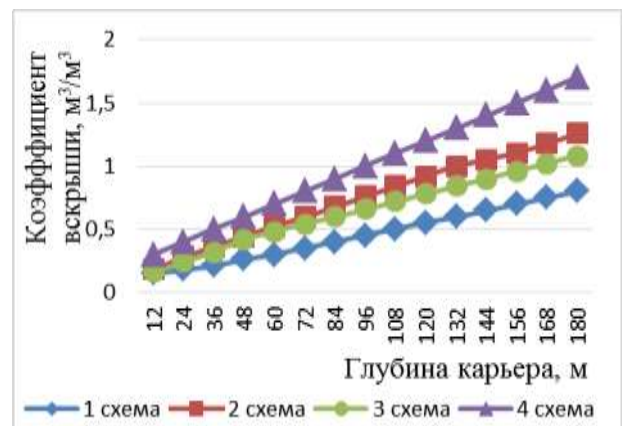
$$V_{zm} = H_{\kappa} \cdot L_{\kappa} \cdot \frac{1}{2} \cdot (\Pi_{\partial} + \Pi_{\partial} + 4 \cdot L_{\text{борт}}), \text{ м}^3 \quad (6)$$

Результаты расчета по предложенной методике представлены на рис. 4 и 5.



1 схема – угол откоса уступа 90^0 , 2 схема – строенные уступы, 3 схема – сдвоенные уступы, 4 схема – базовый вариант

Рисунок 4 – Зависимость площади карьера по поверхности от глубины для сравниваемых схем



1 схема – угол откоса уступа 90^0 , 2 схема – строенные уступы, 3 схема – сдвоенные уступы, 4 схема – базовый вариант

Рисунок 5 – Зависимость контурного коэффициента вскрыши от глубины карьера для сравниваемых схем

Как показал анализ графиков (рис.4-5) наименьшие площадь карьера по поверхности и контурного коэффициент вскрыши достигаются при углах откосов уступов 90^0 по сравнению с базовой схемой. Для вариантов сдвоенных и строенных уступов исследуемые параметры практически одинаковы.

Следует отметить, что при изменении параметров дна карьера в конечном положении данные зависимости будут изменяться.

Для условий карьера ИнГОКа при отработке глубоких горизонтов наиболее рациональным является формирование уступов с углами откосов в 90^0 .

Применение на карьере ПАО «ИНГОКа» вертикальной заоткоски для повышения угла наклона борта [4] приведет к снижению объемов вскрышных работ, а также позволит увеличить параметры дна карьера, что в свою очередь даст возможность осуществить дальнейший прирост забалансовых запасов железной руды [6]. В результате значительно сократятся затраты на добычу за счет понижения горных работ в глубину и уменьшения вскрышных работ.

Карьер ОАО «Лебединского горно-обогатительного комбината» (ОАО «ЛГОК») вскрыт до горизонта –235 м. Глубина карьера составляет 443 м. Преобладающее развитие горных работ производится в юго-восточном и центральном направлениях.

Месторождение вскрыто двумя железнодорожными полутраншеями с руководящими уклонами 40 ‰ и 50 ‰ соответственно, центральная часть ниже горизонта минус 30 м вскрыта системой автомобильных съездов. В работе существующей транспортной схемы задействовано 12 перегрузочных пунктов с автомобильного на железнодорожный транспорт. Железнодорожная станция «Кварцитная», расположенная на горизонте 45 м (северный борт карьера), обеспечивает пропускную и провозную способность транспортной схемы (при производственной мощности карьера 53,2 млн. т/год) с загруженностью 99 % до 2025 года.

В настоящее время проектная глубина карьера принята 470 м. Развитие карьера в глубину затруднено наличием «сланцевого языка», которым, расположенным в центральной части карьера с гор. –75 м до гор. –180 м, консервируются запасы железной руды в объеме 98,6 млн. т (см. рис. 6).

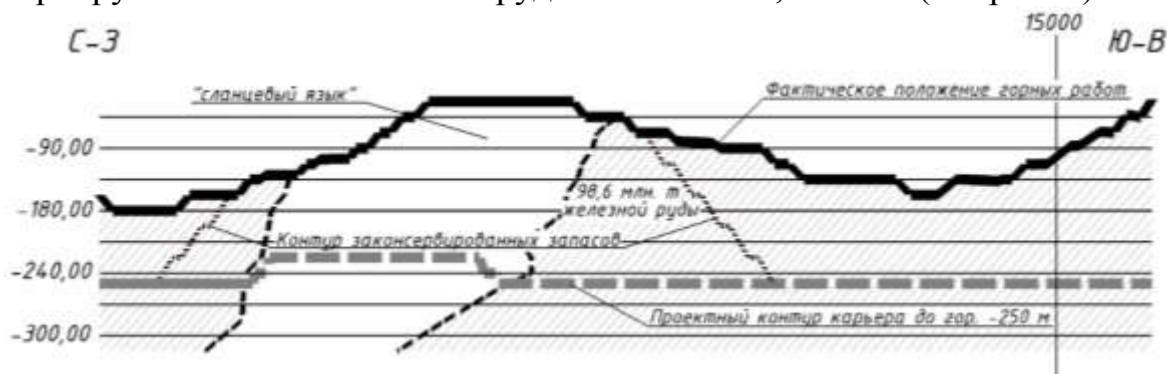


Рисунок 6 – Геолого-маркшейдерский разрез законсервированных запасов железной руды под «сланцевым языком» карьера ОАО «ЛГОКа»

Развитие карьера в северном, северо-восточном, восточном и западным направлениям ограничено из-за расположения железнодорожных станций и перегрузочных пунктов. Суммарные объемы законсервированных балансовых запасов в проектных контурах карьера под существующими перегрузочными пунктами составляют 188,2 млн. т железной руды. При перспективной углубке карьера до гор. –350 м возникнет проблема обеспечения транспортом глубоких горизонтов. На основании этого предлагаются следующие перспективные направления горных работ в карьере ОАО «ЛГОКа», которые позволят решить вышеуказанные проблемы и снизить себестоимость руды:

- разработка «сланцевого языка» в центральной части карьера, что обеспечит добычу законсервированных балансовых запасов железной руды в объеме 98,6 млн. т при среднем коэффициенте вскрыши в центральной части карьера $0,212 \text{ м}^3/\text{т}$;
- уменьшение количества перегрузочных пунктов за счет внедрения карьерных автосамосвалов грузоподъемностью 220 т и экскаваторов с ковшом

емкостью 15 м³ на существующих перегрузочных пунктах;

– строительство вскрывающей железнодорожной полутраншеи по южному борту карьера с формированием железнодорожной станции «Южная», располагающейся на горизонте 90 м [7], к 2023 году, что обеспечит в дальнейшем разгрузку железнодорожной станции «Кварцитная» на северном борту карьера;

– рассмотрение горно-технологической возможности внедрения комплекса ЦПТ открытого исполнения после 2025 года [3].

Карьер ОАО «Полтавского горно-обогатительного комбината» (ОАО «ПГОК») вскрыт до горизонта –307 м. Глубина карьера в настоящее время составляет 375 м при принятой проектной 578 м.

Вскрытие месторождения осуществлено внутренними железнодорожными и автомобильными траншеями, вскрытие нижних горизонтов карьера осуществляется временными автомобильными съездами. Вдоль западного борта карьера размещены действующие автомобильные и железнодорожные отвалы прошлых лет отсыпки вскрышных пород, наличие которых затрудняет развитие карьера в западном и центрально-углубочном (замковая часть) направлениях (см. рис. 7).

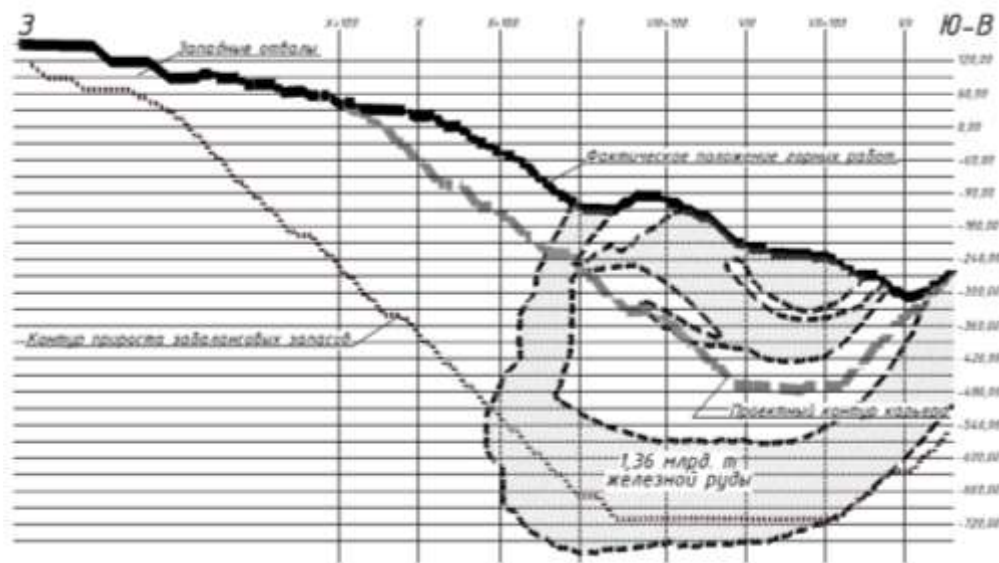


Рисунок 7 – Геолого-маркшейдерский разрез законсервированных запасов железной руды под западными отвалами замковой части карьера ОАО «ПГОКа»

Учитывая горно-геологические особенности крутопадающего залегания залежи железной руды, дальнейшее вовлечение в отработку геологических запасов в замковой части месторождения и углубление ведения открытых горных работ возможно достигнуть путем переэкскавации части западных автомобильно-железнодорожных отвалов на площади 108 га.

Данное техническое решение позволит максимально извлечь забалансовые запасы железной руды из недр до горизонта –710 м, достигнув глубины карьера 778 м [8]. Прирост объемов железной руды от утвержденного отработанного контура карьера до проектного рекомендуемого составит 1,36 млрд. т со

средним коэффициентом вскрыши $1,192 \text{ м}^3/\text{т}$ (текущий коэффициент вскрыши $0,93 \text{ м}^3/\text{т}$). Объем переэкскавацию вскрышных пород составит $73,3 \text{ млн. м}^3$.

Первомайский карьер ПАО «Северного горно-обогатительного комбината» (ПАО «СевГОК») вскрыт до горизонта минус 340 м. Глубина карьера в настоящее время составляет 458 м при принятой проектной 683 м. Применяемая транспортная система разработки с комбинированным автомобильно-железнодорожным и автомобильно-конвейерным транспортом. Железнодорожные пути заведены до горизонта минус 25 м через въездные траншеи «Южную» и «Северную».

Вовлечение в разработку по восточному борту карьера законсервированных балансовых запасов (под перегрузочным пунктом горизонта -15/-25 м в объеме $32,1 \text{ млн. т}$ железной руды (см. рис. 8) и $151,1 \text{ млн. т}$ железной руды под концентрационным горизонтом рудного комплекса ЦПТ минус 115 м) обеспечит рентабельность предприятия при сложившихся цен на концентрат на мировом рынке железорудного сырья [9].

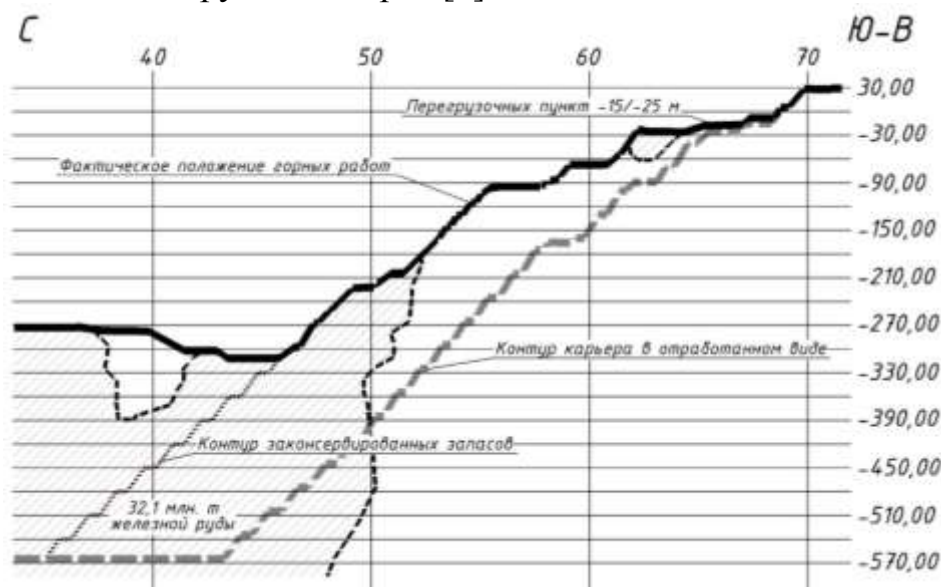


Рисунок 8 – Геолого-маркшейдерский разрез законсервированных запасов железной руды под перегрузочным пунктом по восточному борту карьера ПАО «СевГОКа»

Приведенный анализ состояния горных работ на железорудных карьерах, отрабатывающих крутопадающие залежи, позволил выявить общие характерные для всех них проблемы, которые заключаются в следующем:

- наличие большого объема законсервированных запасов, которые при достижении конечных контуров карьера извлечь не представится технически возможным;
- наличие большого числа автомобильно-железнодорожных перегрузочных пунктов, затрудняющих развитие карьеров;
- значительный объем вскрышных работ при углубке карьера с сохранением производственной мощности;
- проблема транспортирования горной массы с глубоких горизонтов.

При этом решение одной проблемы порождает другую. Например, выемка

законсервированных под транспортными коммуникациями запасов обуславливает проблему транспортирования горной массы. Поэтому необходимо разработать новый способ транспортирования горной массы при отсутствии основных коммуникаций.

Для решения обозначенных проблем далее обоснован порядок выемки горной массы с учетом погашения горных выработок и технологическая схема доработки законсервированных запасов при достижении проектных контуров при постановки борта карьера в предельное положение. Это позволит увеличить параметры дна карьера, что в свою очередь даст возможность расположить объемы пустых пород во внутреннем пространстве и значительно сократить затраты на добычу законсервированных запасов за счет сокращения затрат на отвалообразование.

Порядок постановки борта в предельное положение осуществляется исходя из требуемого порядка проведения буровзрывных работ.

При отработке развала горной массы после взрыва в приконтурной зоне необходимо производить оборку уступа от нависей и остатков разрушенной горной массы на откосе до обнажения монолитного массива с применением механических средств (экскаваторов с удлиненным рабочим оборудованием, бутобоев, гидромониторов и др.). При ведении горных работ у предельных или временно нерабочих контуров необходимо выделить приконтурную зону. Обычно приконтурную зону устанавливают по результатам маркшейдерских инструментальных наблюдений как зону остаточных деформаций. Добычные работы осуществляются аналогично буровзрывным работам – послойно. Порядок ведения выемочно -погрузочных работ представлен на рисунке 9.

После отработки двух уступов, образуется откос борта карьера со сдвоенными уступами с углом откоса 90^0 .

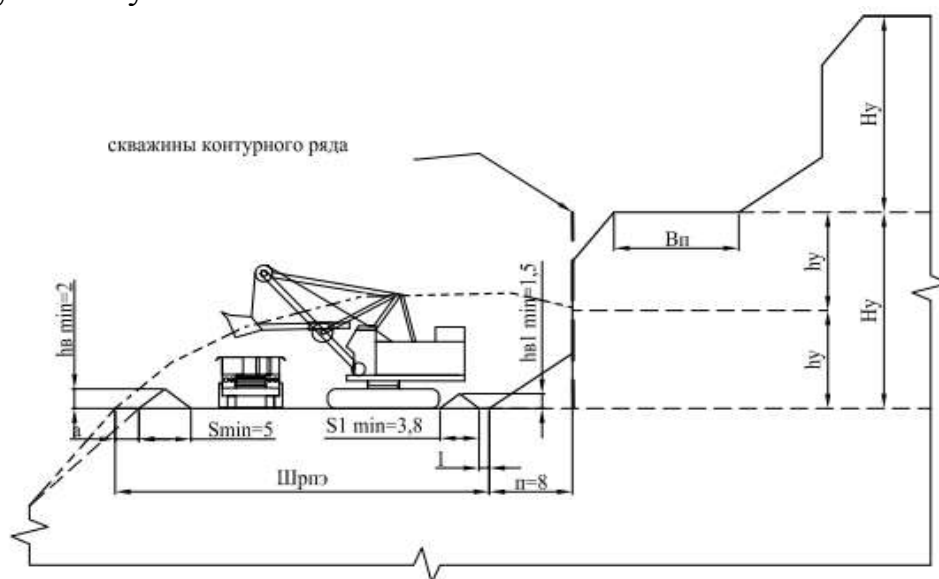


Рисунок 9 – Последовательность проведения добычных работ при постановке борта в предельное положение

Как было показано выше, другой не менее актуальной проблемой является транспортирование горной массы из углубляющихся карьеров. Наиболее

перспективным решением этого вопроса является применение канатных скиповых подъёмных установок (рис.10) или конвейерного транспорта.

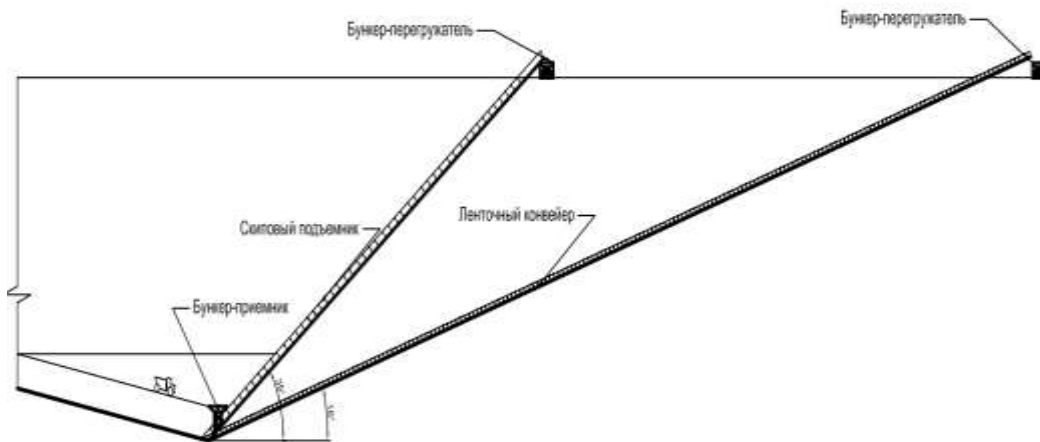


Рисунок 10 – Технологическая схема применения скипового и конвейерного транспорта

Оценка эффективности областей применения указанных транспортных средств выполнена на основании экономических показателей работы карьерного транспорта в зависимости от глубины карьера, в качестве критерия оценки принят минимум затрат на транспортирование 1 т горной массы.

Капитальные и эксплуатационные затраты на применение скипового и конвейерного транспорта являются составляющими частями расчета чистого дисконтированного дохода для этих видов транспорта. Таким образом, в зависимости от годовой производительности, общего объема руды и цен на железорудное сырье, можно определить целесообразность применения двух видов транспорта применительно к конкретному карьеру.

Расчет выполнен для условий карьера ПАО «СевГМК». Результаты изображены на рис.11.

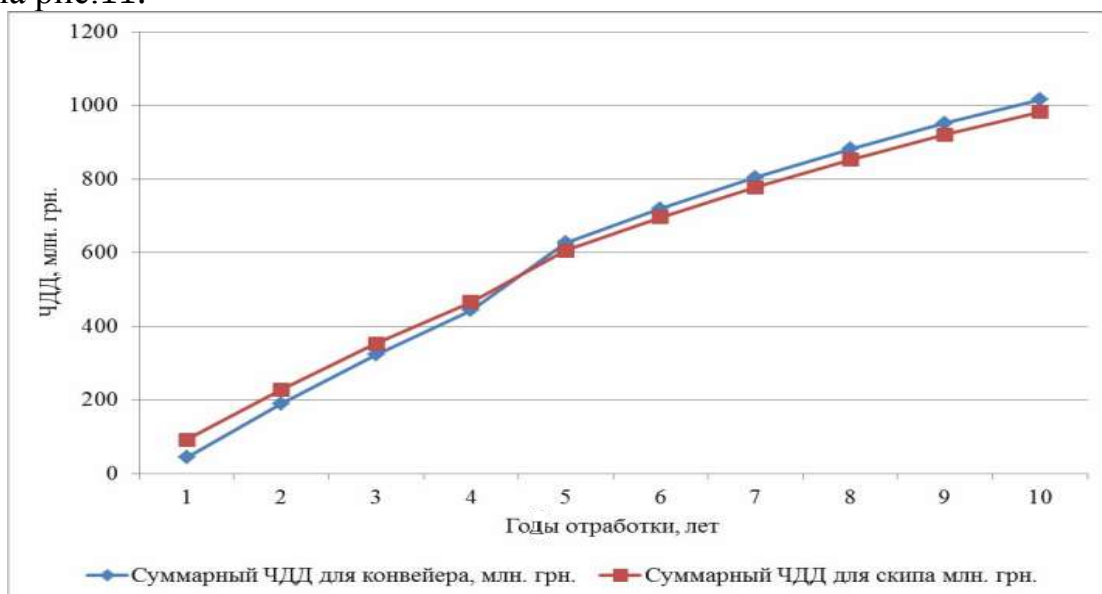


Рисунок 11 – Результаты расчета чистого дисконтированного дохода для конвейерного и скипового транспорта

Выполненный расчет и анализ графика (рис. 11) показал, что чистый дисконтированный доход для условий применений скипового транспорта на срок до 4,5 лет, а для конвейерного транспорта ЧДД больше при отработке карьера сроком более, лет. Следовательно, экономически целесообразным является применение конвейерного транспорта если отработка руды предусматривается на срок, более чем 4,5 года, а скипового наоборот – на период отработки не более 4,5 лет.

Выводы. В сложившихся условиях мирового снижения цен на железорудное сырье, отечественные горнодобывающие комбинаты достигнуть снижения неконкурентоспособной себестоимости производства концентрата за счет следующих перспективных решений:

1. Уменьшения объемов законсервированных балансовых запасов под транспортными коммуникациями, перегрузочными автомобильно-железнодорожными пунктами (ОАО «ЛГОК») и концентрационными горизонтами комплексов ЦПТ (ПАО «ИНГОК», ПАО «СевГОК»);

2. Понижения глубины ведения открытых горных работ ниже горизонта подсчета балансовых запасов железной руды (ОАО «ПГОК», ОАО «ЛГОК», ПАО «СевГОК»).

Выполненный анализ состояния горных работ в карьерах и выделенные перспективные направления их развития показали несовершенство существующей методики определения граничных контуров карьера. В связи с этим в перспективе одной из главных научных задач является обоснование и разработка методики определения граничных контуров открытой разработки с учетом взаимосвязи параметров горнотранспортных комплексов, изменяющихся горнотехнических условий разработки и динамики изменения цен на железорудный концентрат, что позволит алгоритмизировать перспективные направления ведения открытых горных работ в существующих глубоких железорудных карьерах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. «Двойное дно» рынка железной руды [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.metaltorg.ru/analytics/ores>. – Загл. с экрана.
2. Четверик, М.С. Циклично-поточная технология на глубоких карьерах: перспективы развития / М.С. Четверик, В.В. Перегудов, А.В. Романенко. – Кривой Рог: Дионис, 2012. – 334 с.
3. Шве́ц, Д.В. Оптимизация транспортных схем и порядок отработки крутопадающих железорудных месторождений в условиях постановки бортов карьера в конечное проектное положение / Д.В. Шве́ц // Вісник Криворізького національного університету. – Кривий Ріг: ФОП Бу́рова, 2014. – Вип. 37. – С. 69-75.
4. Малеев, Є.В. Технологія заукіски бортів глибоких кар'єрів / Є.В. Малеев, А.Ю. Дриженко //: Збірник наукових праць. – Дніпропетровськ: НГУ, 2013 – Вип. 43 – С. 144-150.
5. Параметры транспортных коммуникаций на глубоких карьерах при применении усовершенствованных автосамосвалов / К.М. Басс, В.В. Кривда, Д.В. Шве́ц [и др.] // Металлургическая и горнорудная промышленность. – Днепропетровск, 2014. - №4. – С. 53-57.
6. Технологическая схема дополнительной углубки открытой разработки крутопадающих месторождений с частичным изменением проектных контуров / А.В. Романенко, Д.В. Шве́ц, В.В. Панченко [и др.] // Форум гірників-2014: матеріали міжнар. конф. – Дніпропетровськ: ТОВ «ЛізуновПрес», 2014. – Т. 1. – С. 129-134.