

УДК 622.271:622.013

**Швец Д.В.**, аспирант  
(ГП «ГПИ «Кривбаспроект»)

**ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ И ПАРАМЕТРОВ  
РЕКОНСТРУКЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ КАРЬЕРА  
ОАО «ЛЕБЕДИНСКИЙ ГОК»**

**Швец Д.В.**, аспірант  
(ДП «ДПІ «Кривбаспроект»)

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ І ПАРАМЕТРІВ  
РЕКОНСТРУКЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ КАР'ЄРА ВАТ  
«ЛЕБЕДИНСЬКИЙ ГЗК»**

**Shvets D.V.**, Doctoral Student  
(SE "SDI "Krivbassproject")

**RATIONALE OF SCHEMES AND PARAMETERS FOR  
RECONSTRUCTION OF EXISTING TRANSPORT SYSTEM IN QUARRY  
OF "LEBEDINSKY MPP" COMPANY**

**Аннотация.** Показана необходимость разработки рациональных схем вскрытия глубоких горизонтов карьеров для каждого применяемого вида транспорта. Обоснованы зависимости для определения места расположения перегрузочных пунктов с учетом минимума энергетических затрат автотранспорта. Рассмотрена возможность отработки южного рабочего борта карьера ОАО «Лебединского ГОКа» с помощью проходки и формирования въездных скользких железнодорожных съездов под максимально возможным руководящим уклоном, с учетом отработки рыхлых вскрышных пород средствами гидромеханизации. Предложено учитывать при проектировании на перспективу понижение ведения открытых горных работ ниже горизонта подсчета балансовых геологических запасов, за счет переноса транспортных коммуникаций с нерабочего на рабочий борт карьера.

**Ключевые слова:** контур подсчета балансовых запасов, рабочий и нерабочий борт карьера, транспортная схема, граничный коэффициент вскрыши, последовательность и порядок отработки, скользкие железнодорожные съезды.

**Введение.** Отставание по выполнению вскрышных работ на всех железорудных карьерах Украины и Российской Федерации от предусмотренных проектами календарных планов привело к сокращению активных фронтов работ, подготовленных к выемке запасов и стесненности рабочей зоны из-за уменьшения ширины площадок и повышения углов откоса бортов карьеров.

В связи с интенсивным понижением горных работ глубина карьеров и рабочая зона по вскрышным породам составляют 350 ÷ 400 м. Все уступы в карьере находятся в стадии разработки и перемещения. На карьерах одновременно применяют несколько технологий: цикличную, циклично-поточную (ЦПТ) и комбинированные. Автомобильный, железнодорожный, автомобильно-железнодорожный и автомобильно-конвейерный комплексы представляет собой сложную геотехнологическую систему.

Рациональные технологические схемы, параметры этой системы позволяют достичь минимальных объемов выемки вскрыши, расстояний перевозок, оптимальных направлений грузопотоков.

Поэтому для каждого вида транспорта, входящего в эту систему, необходима разработка рациональных схем вскрытия горизонтов с соответствующими параметрами. Для обеспечения минимума эксплуатационных затрат на транспортирование горной массы автомобильным транспортом на протяжении всего периода доработки карьера перегрузочные пункты (с авто на ж/д транспорт, концентрационные горизонты разгрузки комплексов ЦПТ) по высоте необходимо размещать, как можно ближе к центру грузооборота горной массы. Особо актуальными являются эти вопросы для Лебединского и Стойло-Лебединского месторождений.

**Теоретическая часть.** Критерием выбора варианта глубины расположения дробильно-перегрузочного пункта ЦПТ является обоснование расчета глубины расположения перегрузочного дробильного пункта. Основу которого предлагается сформировать на принципе равенства удельных энергетических затрат (оцениваемых по удельному расходу дизельного топлива) на транспортирование 1 т руды с верхнего горизонта отработки на автомобильный транспорт (верхней рудной зоны ЦПТ) и удельных энергетических затрат на транспортирование руды автомобильным транспортом с дна карьера (нижней рудной зоны ЦПТ). При этом, не будут учитываться затраты на транспортирование руды в горизонтальном направлении – ввиду их равенства для нижней и верхней рудных зон при эксплуатации комплекса ЦПТ.

Высота рудной зоны для ЦПТ, при доставке руды на дробильно-перегрузочный пункт автомобильным транспортом, выражается следующими формулами (рис. 1)

$$h_p = h_p^H + \Delta h^B + (h_a^H - h_a^C) \quad (1)$$

$$h_p = H_K - h_a^C \quad (2)$$

где  $h_p^H$  – высота нижней рудной зоны для ЦПТ, м;  $\Delta h^B$  – высота нижней части верхней рудной зоны, обрабатываемой полностью на автомобильный транспорт, м;  $h_a^C$  – глубина частичного ввода автомобильного транспорта на рудных горизонтах, м;  $h_a^H$  – глубина полного ввода автомобильного транспорта на рудных горизонтах, м;  $H_K$  – глубина карьера, м.

Глубина заложения горизонта разгрузки ЦПТ

$$H_y = h_a^H + \Delta h^B \quad (3)$$

Удельные энергетические затраты нижней рудной зоны

$$E_p^H = h_p^H \cdot \frac{K_p}{i} \cdot q^H, \quad (4)$$

где  $K_p$  – коэффициент развития трассы;  $i$  – уклон автомобильных съездов, доли ед.;  $q^H$  – удельный расход дизельного топлива для автосамосвалов, работающих на подъем, л/т.км.

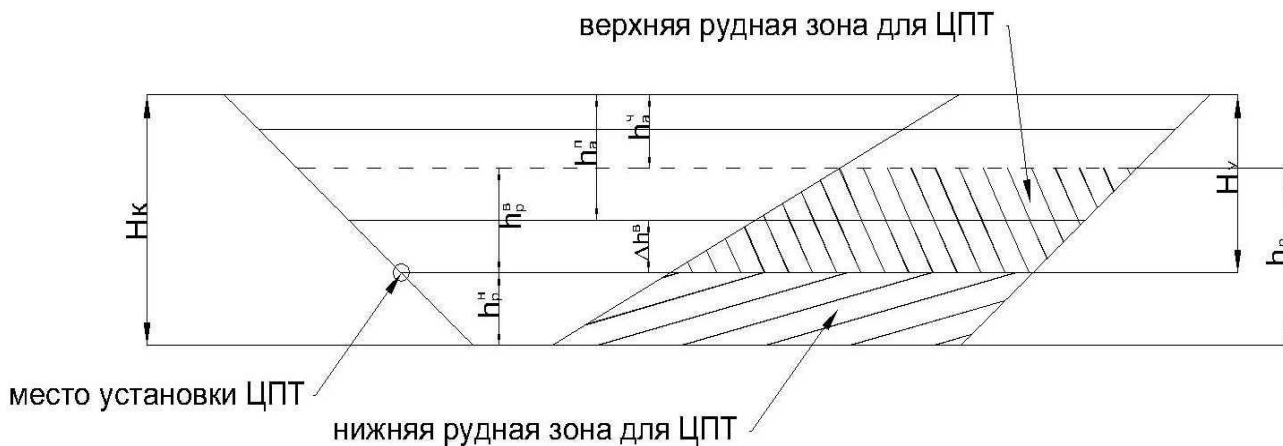


Рисунок 1 – Схема для расчета глубины расположения горизонта разгрузки ЦПТ

Удельные энергетические затраты верхней рудной зоны

$$E_p^B = (\Delta h^B + (h_a^H - h_a^H) \cdot K_{тр}) \cdot \frac{K_p}{i} \cdot q^H \cdot K_{рас}, \quad (5)$$

где  $K_{тр}$  – коэффициент, учитывающий удельный объем руды, обрабатываемый на автомобильный транспорт в зоне работы автомобильно-железнодорожного транспорта;  $K_{рас}$  – коэффициент, учитывающий снижение расхода дизельного топлива при движении автосамосвалов на спуск.

Оптимальная глубина заложения разгрузки ЦПТ  $H_y$  будет при условии равенства удельных энергетических затрат верхней и нижней рудных зон  $E_p^H = E_p^B$ . Приравняв уравнения (4) и (5), выразим глубину нижней рудной зоны

$$h_p^H = (\Delta h^B + (h_a^H - h_a^H) \cdot K_{тр}) \cdot K_{рас}, \quad (6)$$

Приравняв правые части уравнений (1) и (2), и с учетом уравнения (6) можно выразить величину  $\Delta h^B$

$$\Delta h^B = \frac{H_k - h_a^H - (h_a^H - h_a^H) \cdot (1 + K_{тр} \cdot K_{рас})}{K_{рас} + 1} \quad (7)$$

Глубина заложения горизонта разгрузки ЦПТ

$$H_y = h_a^п + \frac{H_k - h_a^ч - (h_a^п - h_a^ч) \cdot (1 + K_{тр} \cdot K_{рас})}{1 + K_{рас}} \quad (8)$$

**Результаты исследования.** Применение конвейерного транспорта в карьере наиболее эффективно при отработке нижних горизонтов. Нижние горизонты карьера ОАО «ЛГОКа» обрабатываются на комбинированный автомобильно-железнодорожный транспорт. Поэтому наиболее рациональным является переход на ЦПТ с последовательным переносом перегрузочных дробильных пунктов. При этом возможна отработка руды на комплекс ЦПТ, а выемка и транспортирование скальной вскрыши до перегрузочных пунктов с автомобильного на железнодорожный транспорт по существующей схеме.

При выполнении расчета приняты следующие исходные данные для условий карьера ОАО «Лебединский ГОК», и с учетом нормативных показателей:  $K_p=1,25$ ;  $K_{рас}=0,8$ ;  $h_a^п=254$  м;  $h_a^ч=149$  м;  $H_k=459$  м;  $K_{тр}=0,43$ .

Глубина заложения горизонта разгрузки ЦПТ для условий Лебединского ГОКа при внедрении комплекса ЦПТ:

$$H_y = 254 + \frac{459 - 149 - (254 - 149) \cdot (1 + 0,43 \cdot 0,8)}{1 + 0,8} = 348 \text{ м}$$

Таким образом, при средней отметки поверхности карьера 209 м, оптимальный горизонт разгрузки ЦПТ составит минус 139 м.

Однако, обоснование глубины расположения концентрационного горизонта комплекса ЦПТ с целью снижения себестоимости добычных работ в глубоких карьерах, предлагается перепроверочно определять по принципу эффективности работы существующей транспортной схемы карьера.

Для определения глубины ввода конвейерных трактов комплекса ЦПТ или горизонта перегрузки с автомобильного на конвейерный транспорт необходимо руководствоваться следующий подходом.

Отметка горизонта, на котором необходимо расположить нижний перегрузочный пункт циклично-поточной технологии,  $H_{цпт}$  будет равна:

$$H_{цпт} = H_n + H_\delta, \quad (9)$$

где  $H_n$  – отметка нижнего горизонта, от которого будет транспортироваться порода посредством автомобильного транспорта;  $H_\delta$  – допустимая высота подъема горной массы автомобильным транспортом, м.

Применение циклично-поточной технологии при разработке карьерного поля позволяет решать проблемы пропускной и провозной способности железнодорожного транспорта до конца отработки балансовых геологических запасов месторождения. Поэтапность ввода в эксплуатацию циклично-поточных технологий, вскрывающих крутопадающие месторождения полезных ископаемых, с ис-

следованием рационального шага переноса дробильно-перегрузочного пункта, рассмотрено в статье [6] и применимо для условий глубоких высокопроизводительных карьеров.

Для условий карьера ОАО «Лебединский ГОК» отметка горизонта подсчета балансовых геологических запасов  $H_n$  составляет минус 250 метр.

Допустимая дальность транспортирования пород автомобильным транспортом не должна превышать 5 км. Следовательно, определяем высоту подъема по формуле

$$H_{\partial} = (L_{\text{эф}} - L_r) \times i \quad (10)$$

где  $L_{\text{эф}}$  – эффективная дальность транспортирования автомобильным транспортом, составляет 5 км;  $L_r$  – дальность транспортирования по горизонтальным участкам, м;  $i$  – руководящий уклон съездов автомобильного транспорта, %.

Выполнив горно-геометрический анализ карьерного поля на расчетный период проектирования, определяем среднюю дальность транспортирования пород автомобильным транспортом по горизонтальным участкам, которая составляет 2800 метров. Таким образом, допустимая высота транспортирования пород автомобильным транспортом в условиях расчетного периода для карьера ОАО «Лебединский ГОК» составит

$$H_{\partial} = (5000 - 2800) \times 0,08 = 176, \text{ м}$$

Следовательно, горизонт установки корпусов крупного дробления проектируемого комплекса ЦПТ необходимо расположить на отметке

$$H_{\text{цпт}} = -250 + 176 = -74, \text{ м}$$

Приходим к выводу, что выполнение равенства двух расчетных принципов определения рациональной глубины ввода комплекса ЦПТ не выдерживается.

Тогда необходимо усовершенствовать существующую транспортную схему с учетом переноса транспортных коммуникаций с нерабочего на рабочий борт карьера при условии дальнейшего понижения глубины ведения открытых горных работ ниже границы подсчета балансовых геологических запасов.

Следует также отметить, что с увеличением глубины ведения открытых горных работ усложняются горнотехнические условия разработки месторождений, при которых существенно повышается роль карьерного транспорта. В общем объеме перевозок наиболее востребован железнодорожный транспорт, как самый эффективный в различных климатических условиях. Благодаря низкой себестоимости перевозок железнодорожный транспорт при больших объемах производства и значительных расстояниях откатки обеспечивает лучшие технико-экономические показатели эксплуатации карьеров по сравнению с другими видами транспорта.

Существующая железнодорожная транспортная схема перевозки горной

массы в карьере ОАО «Лебединского ГОКа» имеет ряд недостатков: многократное изменение направления движения, увеличение дальности транспортирования за счет большого числа тупиковых железнодорожных станций с угловыми заездами. С целью устранения выше перечисленных недостатков при транспортировании горной массы предлагается поэтапное формирование скользящих въездных вскрывающих железнодорожных съездов по южному рабочему борту карьера (рис. 2).

При этом создаются условия ввода железнодорожного транспорта с меньшим количеством изменений направления движений и строительства железнодорожной станции «Южная» на горизонте 90 м (по кровле пород докембрия). Это позволит осуществить выемку горной массы на более глубоких горизонтах с применением автомобильно-железнодорожного транспорта. Данное технологическое предложение, соответственно, повлечет за собой перенос перегрузочных рудно-вскрышных пунктов с автомобильного на железнодорожный транспорт на нижележащие горизонты карьера и позволит завести железнодорожный транспорт ниже горизонта минус 60 м. Ввод в эксплуатацию железнодорожной станции «Южная» позволит не только перераспределить грузопотоки из карьера, но и предоставить возможность вовлечь в отработку железистые кварциты, законсервированные под железнодорожными станциями «Кварцитная», «Горная», «Рудная», «Скальная», «Западная» по северному, северо-восточному и северо-западному бортам карьера без выемки вскрышных пород.

При вводе железнодорожного транспорта на более глубокие горизонты длина транспортирования автомобильным транспортом уменьшается [7]

$$L = \frac{K_p}{(h_p - h_{жд})i_a} [0,5(h_p - h_{жд} - H_y)^2 + 0,5H_y^2], \quad (11)$$

где  $h_p$  – высота рабочей зоны, м;  $h_{жд}$  – высота рабочей зоны железнодорожного транспорта, м;  $i_a$  – руководящий уклон автомобильных дорог;  $K_p$  – коэффициент развития трассы;  $H_y$  – высота между перегрузочным пунктом и нижним рабочим горизонтом, м.

Согласно выражению (11) при вводе железнодорожного транспорта на более глубокие горизонты уменьшаются затраты на перевозку горной массы автомобильным транспортом, что позволяет увеличить его производительность, а следовательно, и производственную мощность карьера.

#### **Выводы.**

1. Обоснованы зависимости для определения рационального расположения дробильного перегрузочного пункта (глубины ввода ЦПТ) по минимуму энергетических затрат на автомобильный транспорт.

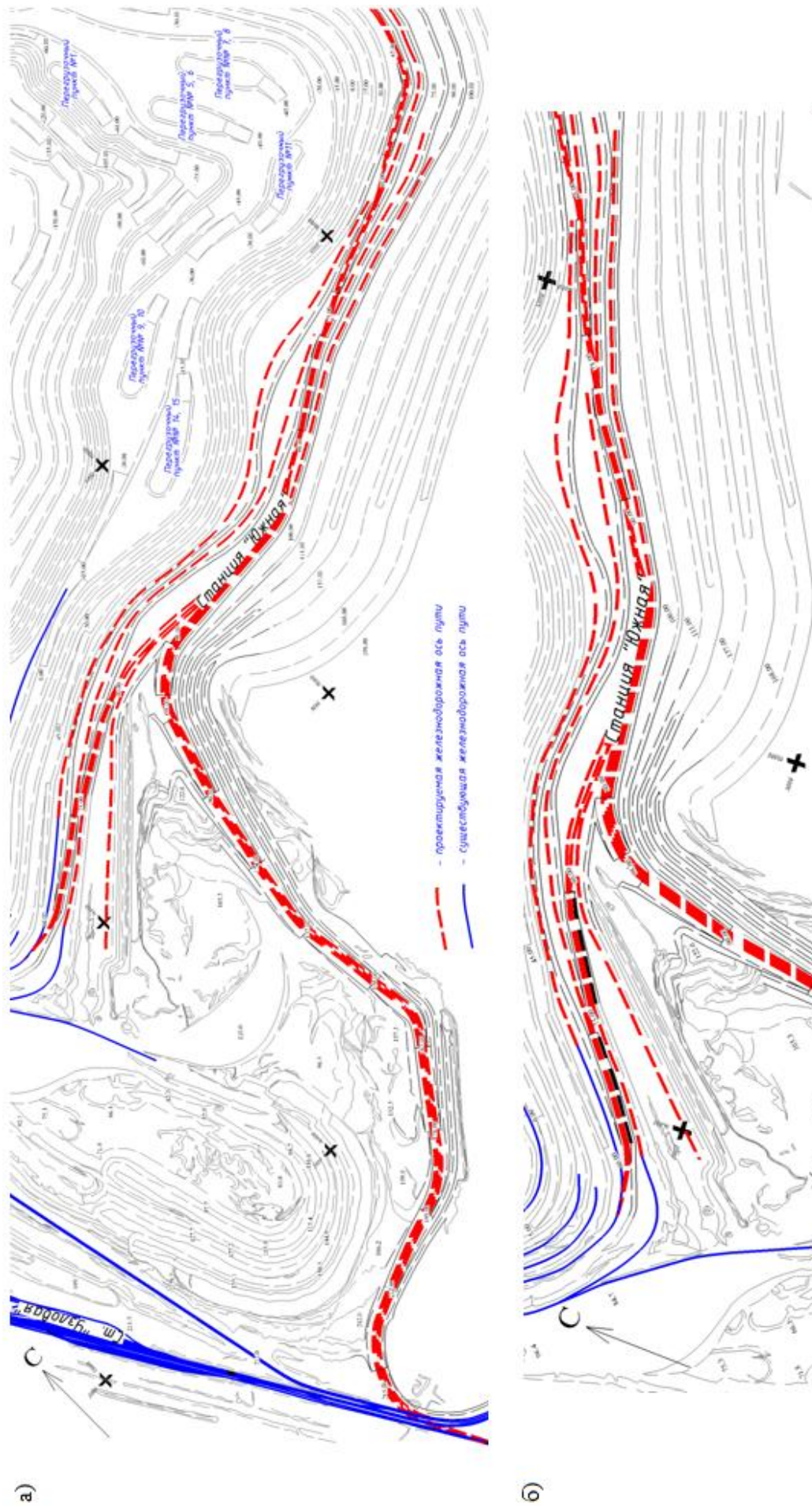


Рисунок 2 – Предлагаемая схема формирования железнодорожных съездов по южному борту карьера ОАО «ЛЮКА»: а) – выкопировка с плана горных работ на 01.01.2026 г.; б) – строительство железнодорожной станции «Южная» в расчетном 2025 году



2. Для устранения накопившегося отставания по выемке пород вскрыши необходимо скорректировать существующий режим горных работ – разработку рабочего борта карьера выполнять скользящими железнодорожными съездами с учетом формирования и реконструкции существующей транспортной схемы для дальнейшего понижения глубины ведения открытых горных работ ниже горизонта подсчета балансовых геологических запасов (внедрение комплексов циклично-поточной технологии при разработке крутопадающих месторождений определяется рациональной глубиной расчета горизонта разгрузки карьерных автосамосвалов по равенству между собой принципа удельных энергетических затрат и эффективности работы существующей транспортной схемы).

#### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Перспективные технологии открытой добычи руд в условиях Кривбасса (на примере Ингулецкого ГОКа) / М.С. Четверик, В.А. Пивень, А.В. Романенко [и др.] // Матеріали міжнародної конференції «Форум гірників – 2006». – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2006. – С. 100–113.
2. Блізнюков, В.Г. Гірничо-геологічні фактори рентабельності гірничо-видобувних підприємств / В.Г. Блізнюков, В.О. Пивень, О.В. Плотніков // Проблеми наукового забезпечення горнопромислового комплексу України на порозі ХХІ століття: Сб. науч. тр. – Кривий Ріг: ГНІГРІ, 2001. – С. 116–119.
3. Dagdelen, K. Open pit optimization – strategies for improving economics of mining projects through mine planning / K.Dagdelen, // *Orebody Modelling and Strategic Mine Planning, Spectrum Series*, 14:125-128, 2007.
4. Evolutionary and revolutionary technologies for mining. Committee on Technologies for the Mining Industry, Committee on Earth Resources, National Research Council. – National Academy of Sciences, USA. – 2002. – 102 p.
5. Терещенко, В.В. Поетапність вводу в експлуатацію циклично-поточних технологій, вскриваючих крутопадаючі місорождения корисних копалин, з дослідженням раціонального шага переносу дробильно-перегрузочного пункту / В.В. Терещенко, К.В. Ковалев, Д.В. Швець // Розробка рудних місорождений. – Кривий Ріг, 2011. – Вип. 94. – с. 55-59.
6. Швець, Д.В. Аналіз перспективних напрямків ведення відкритих горних робіт в кар'єрі ОАО «Лебединський ГОК» / Д.В. Швець // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць / ІГТМ ім. М.С. Полякова НАН України. – Дніпропетровськ, 2013.- Вип. 111. – С. 203–212.
7. Медведева, О.А. Параметри глибоких заліззорудних кар'єрів при їх дороботці // О.А. Медведева. – Київ: Наукова думка, 2013. – 127 с.

#### REFERENCES

1. Chetvirik, M.S., Piven, V.A., Romanenko, A.V. et al. (2006), “Advanced technologies open pit ore in Krivbass conditions (for example, Ingulets MPP)”, *Forum girnikiv – 2006*, Dnepropetrovsk, Ukraine, 15-18 October 2006, pp. 100-113.
2. Bliznykov, V.G., Piven, V.A. and Plotnikov O.V. (2001), “Girnichogeological factorization rentabelnosti MPP”, *Sbornik nauchnykh trudov “Problems of scientific support of the mining industry of Ukraine on the threshold of the XXI century”*, pp. 116-119.
3. Dagdelen, K. “Open pit optimization – strategies for improving economics of mining projects through mine planning”, *Orebody Modelling and Strategic Mine Planning, Spectrum Series*, 14:125-128, 2007.
4. National Academy of Sciences USA (2002), *Evolutionary and revolutionary technologies for mining. Committee on Technologies for the Mining Industry, Committee on Earth Resources, National Research Council, NAS of USA, USA*.
5. Tereshchenko, V.V., Kovalev, K.V. and Shvets, D.V. (2011), “Phased commissioning of cyclic-flow technology, revealing steeply dipping mineral deposits, with the study of rational step transfer of crushing and transfer station”, *Razrobotka rudnykh mestorozhdeniy*, no.94, pp. 55-59.
6. Shvets, D.V. (2013), “Analysis of the promising areas of reference of opencast mining in the career of “Lebedinsky MPP”, *Geotekhnicheskaya Mekhanika [Geo-Technical Mechanics]*, no. 111, pp. 203-212.



7. Medvedeva, O.A. (2013), *Parametry glubokikh zhelezorudnykh karerov pri ikh dorabotke* [Parameters of iron deep pits at their completion], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.

---

#### Об авторе

*Швец Дмитрий Валериевич*, аспирант, ведущий инженер-проектировщик сектора открытых горных работ, горный отдел Государственного предприятия «Государственный проектный институт «Кривбасспроект» (ГП «ГПИ «Кривбасспроект»), Кривой Рог, Украина, [shvetsdmitriy@yandex.ua](mailto:shvetsdmitriy@yandex.ua).

#### About the author

*Shvets Dmitriy Valerievich*, Doctoral Student, lead design engineer of the open-pit mining, mining department of the State Enterprise "State Design Institute "Krivbassproject" (SE "SDI "Krivbassproject"), Krivoy Rog, Ukraine, [shvetsdmitriy@yandex.ua](mailto:shvetsdmitriy@yandex.ua).

---

**Анотація.** Показано необхідність розробки раціональних схем розкриття глибоких горизонтів кар'єрів для кожного застосовуваного виду транспорту. Обґрунтовано залежності для визначення місця розташування перевантажувальних пунктів з урахуванням мінімуму енергетичних витрат автотранспорту. Розглянуто можливість відпрацювання південного робочого борта кар'єру ВАТ «Лебединського ГЗК» за допомогою проходки та формування в'їзних ковзних залізничних з'їздів під максимально можливим керівним ухилом, з урахуванням відпрацювання розкривних порід засобами гідромеханізації. Запропоновано враховувати при проектуванні на перспективу зниження ведення відкритих гірничих робіт нижче горизонту підрахунку балансових геологічних запасів, за рахунок перенесення транспортних комунікацій з неробочого на робочий борт кар'єру.

**Ключові слова:** контур підрахунку балансових запасів, робочий і неробочий борт кар'єру, транспортна схема, граничний коефіцієнт розкриву, послідовність і порядок відпрацювання, ковзні залізничні з'їзди.

**Abstract.** A need for developing efficient schemes for deep horizon opening in the quarries with taking into account each type of transports is shown. Dependences for fixing locations of the transfer points with minimal expenditure of energy for the motor transport are disclosed. The author considers a possibility to mine highwalls in the quarry of the "Lebedinsky MPP" Company with drivage and formation of entry sliding rail off-ramp with maximally possible ruling grade and with mining loose overburden by hydromechanical facilities. It is proposed to take into account in future designs further deepening of open-cast mining operations below horizon of estimated geological reserves because of transport communications transferred from spoil bank to the highwall.

**Keywords:** contour of reserve estimation, spoil bank and highwall, transport scheme, sliding rail off-ramp.

*Статья поступила в редакцию 10.09.2014*

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