

РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

УДК 622.232.8

DOI: 10.21440/0536-1028-2018-4-4-11

ОЦЕНКА ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ПЕРЕХОДА НА НОВЫЕ КОМПЛЕКСЫ ГОРНОТРАНСПОРТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ПРИ ДОРАБОТКЕ ГЛУБОКИХ КАРЬЕРОВ

КУЗНЕЦОВ Д. В., КОСОЛАПОВ А. И.

Рассмотрены особенности современного состояния горных работ на глубоких рудных карьерах. Дана классификация месторождений по трудности открытой разработки в зависимости от характеристик разрабатываемых горных пород, условий их залегания и жесткости климата. Предложена методика оценки необходимости перехода на новые комплексы горнотранспортного оборудования при доработке глубоких карьеров, позволяющие сократить объемы разноработки бортов. Представлены схемы такого перехода, учитывающие расположение карьерных перегрузочных пунктов для комбинации комплексов оборудования различных типоразмеров и мощности, изменение объемов вскрышных работ, увеличение извлекаемых запасов руды и продление срока разработки месторождения. Приведены оценивающие критерии и установлены области их оптимальных значений. На примере самого крупного в России золоторудного карьера «Восточный» дано обоснование параметров горнотранспортного оборудования, глубины и границ разработки.

Ключевые слова: относительная трудность открытой разработки месторождений; параметры горнотранспортного оборудования; глубина карьера; борт карьера; угол откоса борта карьера; срок разработки; вскрыша; руда.

Современное состояние открытой геотехнологии свидетельствует о том, что открытые горные работы являются основным поставщиком твердых полезных ископаемых. Отсутствие ограничений мощности и энерговооруженности используемых в технологии открытой разработки месторождений технических средств обеспечивают реализацию возможностей тяжелого машиностроения и достижение высокого уровня производительности труда.

Прогнозы исследователей Grand View Research (<http://www.grandviewresearch.com>), Parker Bay (<http://parkerbaymining.com>), BMI Research (<http://bmiresearch.com>) и др. показывают, что в ближайшей перспективе открытый способ разработки будет наиболее экономичным и эффективным благодаря дальнейшему совершенствованию высокопроизводительного горного оборудования.

Вместе с тем в настоящее время глубина целого ряда рудных карьеров в мире превышает 700 м, и такое увеличение глубины открытых горных работ ставит много проблем перед горной наукой и практикой. Несмотря на широкое развитие за рубежом методов обоснования горнотранспортного оборудования (от дискрет-

Кузнецов Дмитрий Владимирович – кандидат технических наук, ведущий инженер горно-геологического отдела. 660028, г. Красноярск, ул. Телевизорная, 1, стр. 9, ООО «Полнос Проект». E-mail: KuznetsovDV@mail.ru

Косолапов Александр Иннокентьевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой открытых горных работ. 660025, г. Красноярск, просп. им. газеты «Красноярский рабочий», 95, Сибирский федеральный университет. E-mail: Kosolapov1953@mail.ru

ного программирования, моделирования и др. до использования субъективного искусственного интеллекта) [1], у них есть недостатки [2].

В России решение данных вопросов существенно осложнено смещением вектора развития открытых горных разработок в районы с суровым северным климатом. В Якутии и на севере Красноярского края, где продолжительная зима, температура воздуха может понижаться до -60°C и высокая норма выпадения осадков, глубина карьеров по добыче алмазов и золота в настоящее время достигла 500–600 м.

При этом за последние 15–20 лет годовая производительность карьеров по горной массе увеличилась более чем в 2 раза, а мощность оборудования возросла в 1,5–2 раза [3].

Анализ развития горных работ в данных условиях свидетельствует о том, что с глубиной разработки возрастают высота и дальность перемещения горной массы, резко сокращаются размеры рабочей зоны карьеров и рабочих площадок и, как следствие, существенно снижаются показатели использования горнотранспортного оборудования. Уменьшение длины экскаваторных блоков, обусловленное сокращением активного фронта работ, усложняет транспортную схему автодорог в целом. Кроме того, применение автосамосвалов большой грузоподъемности приводит к необходимости расширения транспортных коммуникаций и росту объемов вскрышных работ.

В совокупности эти факторы обозначили важную научную проблему формирования технологических комплексов открытых горных работ на рудных месторождениях в суровых климатических условиях.

Причем для проектирования открытых горных работ и их рационального выполнения на современном этапе в первую очередь необходимо установить и дополнить взаимосвязи между физико-техническими характеристиками разрабатываемых горных пород и условиями их залегания, с одной стороны, и видами и параметрами необходимого оборудования, технологией и организацией производственных процессов – с другой [4, 5].

В связи с этим авторами выполнены исследования [6], в результате которых классифицированы месторождения (табл. 1) и получено корреляционное уравнение для расчета оценивающего относительного показателя трудности открытой разработки месторождений в суровых климатических условиях $\Pi_{т.р.}$:

$$\Pi_{т.р.} = (2,2 + 0,09\sigma_{сж} - 1,34\gamma - 2,17l_{ср} - 0,05H_k + 5,2L_{тр})SK, \quad (1)$$

где $\sigma_{сж}$ – предел прочности пород на сжатие, МПа; γ – плотность пород, т/м³; $l_{ср}$ – средний размер структурного блока, м; H_k – глубина карьера, м; $L_{тр}$ – расстояние транспортирования, км; S – жесткость климата, по П. И. Коху; K – коэффициент, зависящий от жесткости климата. При $S = 50$ –65 баллов $K = 0,019$ –0,015; при $S = 65$ –80 баллов $K = 0,015$ –0,012; при $S = 80$ –95 баллов $K = 0,012$ –0,01; при $S = 95$ –110 баллов $K = 0,01$ –0,009; при $S > 110$ баллов $K = 0,009$.

С учетом этого в настоящей статье рассмотрены особенности ведения горных работ в глубинной части рудных карьеров и предложена методика оценки необходимости перехода на новые, менее мощные комплексы горнотранспортного оборудования, позволяющие сократить объемы развоза бортов.

Причем исходили из того, что основным видом транспорта в рассматриваемых условиях является автомобильный [7, 8]. Для месторождений II, III, IV и V классов с карьерами глубиной более 200 м характерна поэтапная схема разработки с временной консервацией бортов и рабочих уступов. Чем глубже и крупнее карьер или его промежуточная очередь с установленной производственной мощ-

ностью и сроком разработки, сопоставимым со сроком эксплуатации экскаваторов, тем мощнее должно быть основное горнотранспортное оборудование и больше его рабочие параметры. В то же время при доработке карьера или его очереди рационален переход на модели горнотранспортного оборудования меньшей мощности с соответствующими рабочими параметрами [9, 10]. Это позволит уменьшить размеры рабочих площадок, ширину автодорог, радиусы их закруглений и, как следствие, сократить объемы извлекаемой вскрыши или обеспечить ускоренный доступ к полезному ископаемому.

Таблица 1

Классификация месторождений по относительной трудности разработки [6]

Класс месторождения	Категория	Параметры месторождения					
		$\sigma_{сж}$, МПа	$l_{ср}$, м	γ , т/м ³	H_k , м	$L_{тр}$, км	S , балл
I. Легкоразрабатываемые	1, 2, 3, 4, 5	≤ 40	$\leq 0,4$	$\leq 1,8$	≤ 200	≤ 3	≤ 50
II. Средней трудности разработки	6, 7, 8, 9, 10	> 40	$> 0,4$	$> 1,8$	> 200	> 3	> 50
		≤ 80	$\leq 0,6$	$\leq 2,4$	≤ 320	$\leq 4,5$	≤ 65
III. Трудноразрабатываемые	11, 12, 13, 14, 15	> 80	$> 0,6$	$> 2,4$	> 320	$> 4,5$	> 65
		≤ 120	$\leq 1,0$	$\leq 2,9$	≤ 500	≤ 7	≤ 80
IV. Очень трудноразрабатываемые	16, 17, 18, 19, 20	> 120	$> 1,0$	$> 2,9$	> 500	> 7	> 95
		≤ 160	$\leq 1,8$	$\leq 3,3$	≤ 700	≤ 10	≤ 110
V. Чрезвычайно трудноразрабатываемые	21, 22, 23, 24, 25	> 160	$> 1,8$	$> 3,3$	> 700	> 10	> 110

Эффективность перехода на новые комплексы оборудования зависит от принятой схемы (рис. 1).

По схеме А рис. 1 нерабочий борт карьера формируют под углом β_1 комплексами оборудования с буровыми станками, имеющими диаметр бурового долота d_1 , экскаваторами с вместимостью ковша E_1 , автосамосвалами грузоподъемностью q_1 , способными преодолевать транспортный уклон i_1 . Положение нерабочего борта соответствует линии ABD . При достижении глубины карьера h_1 принимают решение о переходе на комплексы оборудования меньшей мощности с диаметром бурового долота d_2 , вместимостью ковша экскаваторов E_2 и грузоподъемностью автосамосвалов q_2 , обеспечивающие дальнейшее увеличение угла откоса нерабочего борта до значения β_2 . То есть при доработке карьера до глубины h_2 справедливы условия: $d_2 \leq d_1$, $E_2 \leq E_1$, $q_2 < q_1$, $i_2 \geq i_1$, $\beta_2 > \beta_1$, а новое положение борта соответствует линии $ABCD$ и позволяет сократить объемы вскрышных работ на величину ΔV . Причем образуется переходная зона BC высотой $h_{п1}$, представляющая выположенный участок борта с перегрузочным пунктом. Это обеспечивает простоту реализации схемы, однако значительно влияет на объемы сокращаемой вскрыши, и данное влияние возрастает с увеличением глубины перехода.

При формировании нерабочего борта по линии ECD такой переходной зоны нет. Здесь разработку карьера также ведут сначала комплексами большей мощности (по линии EC , обеспечивая угол откоса борта β_3), затем менее мощными (по линии CD). При этом возникает больший эффект от сокращения объемов вскрыши, но усложняется организация горных работ или возрастают эксплуатационные затраты, так как в данном случае перегрузочные пункты можно разместить на борту карьера только на поверхности либо в стесненных условиях внутри карьера (на горизонтальных участках транспортных съездов, возле вынимаемых экскаваторных блоков и др.).

Схема А позволяет оценить эффективность перехода на новые комплексы оборудования для доработки карьера при условии отсутствия разведанных запасов полезного ископаемого на глубине, превышающей $H_{к1}$. При их наличии актуальна **схема Б**, когда, дорабатывая карьер или его промежуточный этап до глубины $H_{к2}$, добывают полезное ископаемое ΔP (на глубине h_5) и получают

Схема А

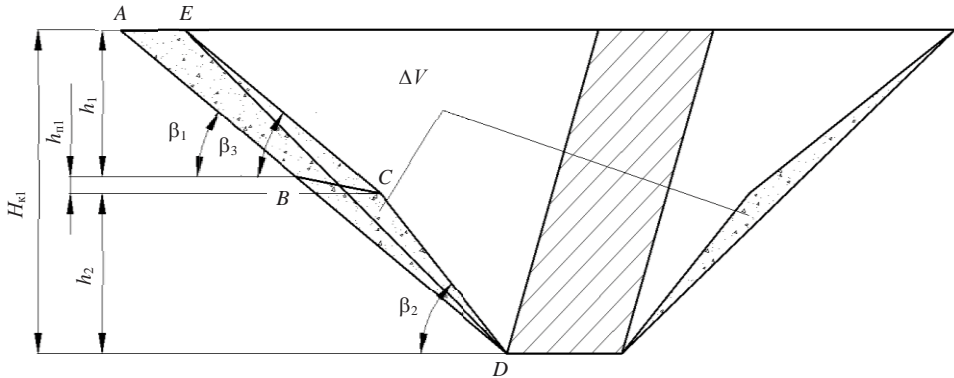


Схема Б

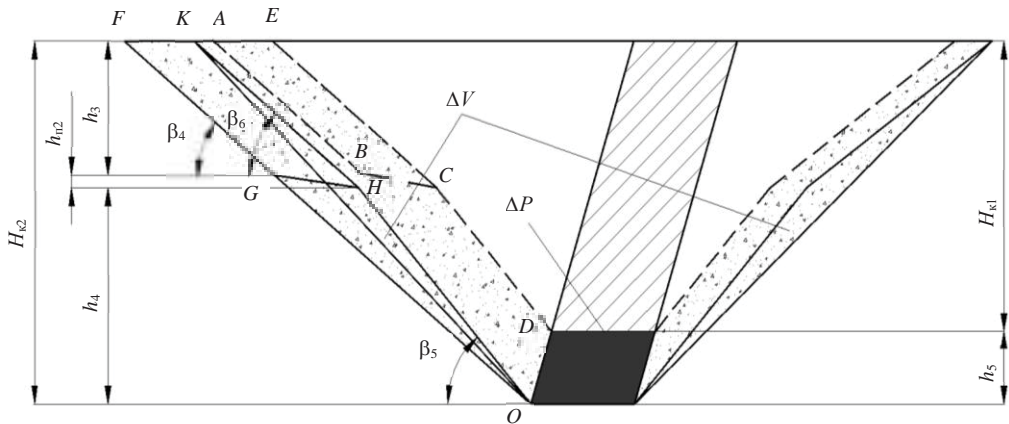


Рис. 1. Схемы перехода на новые комплексы горнотранспортного оборудования при доработке глубоких карьеров:

схема А – без изменения объемов добычи руды; **схема Б** – с увеличением объемов добычи руды

дополнительный доход. Положение нерабочего борта соответствует линии FO , когда борт формируют под углом β_4 комплексами оборудования с ранее принятыми или новыми параметрами, при этом не комбинируя их по мере увеличения глубины разработки, либо линиям $FGHO$ и KHO с общим участком HO , разрабатываемым под углом β_5 , и более пологими участками FG с углом β_4 и KH с углом β_6 (когда соответственно есть или отсутствует переходная зона GH высотой $h_{п2}$, а параметры оборудования имеют комбинации).

Таким образом, при разработке карьера по приведенным схемам справедливы условия:

$$T \approx T_o + T_d; \tag{2}$$

$$T_o \geq T_d; \tag{3}$$

$$T \approx T_{\text{опт. э1}}, \quad (4)$$

где T – общий срок разработки (до глубины $H_{к1}$ или $H_{к2}$), лет; T_0 – срок основной разработки (до глубины h_1 или h_3), лет; T_d – срок доработки (после достижения глубины h_1 или h_3), лет; $T_{\text{опт. э1}}$ – оптимальный срок эксплуатации наиболее мощного экскаватора, изначально ведущего основную разработку, лет.

Причем по **схеме А**:

$$P \approx \text{const}, \quad (5)$$

где P – объем добычи полезного ископаемого за общий срок разработки.

С учетом этого эффективность перехода на новые, менее мощные комплексы оборудования для доработки карьера по **схеме А** можно установить исходя из экономически целесообразного минимального уровня сокращения объемов вскрышных работ ΔV_{min} , %, определяемого по формуле:

$$\Delta V_{\text{min}} = \frac{\sum_{t=1}^{T_d} V_{д1} - \sum_{t=1}^{T_d} \frac{3_{д1} V_{д1}}{3_{д2}}}{\sum_{t=1}^{T_d} V_{д1}}, \quad (6)$$

где $V_{д1}$ – объем вскрыши при доработке карьера или его очереди наиболее мощным комплексом, ведущим основную разработку в t -м году, м³; $3_{д1}$ – удельные затраты при доработке карьера или его очереди, соответствующие наиболее мощному комплексу оборудования, ведущему основную разработку в t -м году, р./м³; $3_{д2}$ – удельные затраты при доработке карьера или его очереди, соответствующие вновь вводимому, наименее мощному комплексу оборудования в t -м году, р./м³.

В свою очередь:

$$3_{д1} = \frac{\sum_{t=1}^{T_d} (K_{1t} + C_{1t} - AO_{1t} - D_{1t}) \frac{1}{(1+E)^t}}{\sum_{t=1}^{T_d} V_{д1}}; \quad (7)$$

$$3_{д2} = \frac{\sum_{t=1}^{T_d} (K_{2t} + C_{2t} - AO_{2t} - D_{2t}) \frac{1}{(1+E)^t}}{\sum_{t=1}^{T_d} V_{д1}},$$

где E – норма дисконта; K_{1t} и K_{2t} – инвестиции в t -м году, р.; C_{1t} и C_{2t} – текущие эксплуатационные затраты на работу бурового, выемочно-погрузочного, транспортного и бульдозерного оборудования, р.; AO_{1t} и AO_{2t} – годовая сумма амортизационных отчислений, р.; D_{1t} и D_{2t} – остаточная стоимость оборудования, р., для вариантов доработки без применения новых комплексов оборудования меньшей мощности и с ними соответственно.

Стоит отметить, что показатель ΔV_{min} определяет равенство затрат на доработку карьера существующими и вновь вводимыми, менее мощными комплексами оборудования в абсолютном выражении.

Результаты численных исследований по формулам (1)–(7), справедливые для множества вариантов карьеров, горнотранспортного оборудования и расположения перегрузочных пунктов, сведены в табл. 2.

Приведенный интервал значений показателя ΔV_{\min} соответствует возможным сочетаниям комплексов оборудования на базе электрических экскаваторов производства ИЗ-Картэкс, УЗТМ, Caterpillar, P&H, гидравлических экскаваторов и погрузчиков производства Caterpillar, Komatsu, Hitachi, O&K; Dressta, Volvo.

Таблица 2

Минимальный уровень сокращения вскрыши для перехода на комплексы оборудования меньшей мощности при доработке карьеров

Место расположения перегрузочного пункта	Экономически целесообразный минимальный уровень сокращения вскрыши (ΔV_{\min} , %) при сроке доработки карьера (T_d , лет)		
	3	4	5
<i>Месторождения II класса по трудности разработки, $H_{к1} = 201-320$ м</i>			
Перегрузочный пункт на борту карьера	40–65	35–60	33–58
Перегрузочный пункт на глубине $1/3 H_{к1}$	32–60	28–58	27–50
Перегрузочный пункт на глубине $2/3 H_{к1}$	22–56	20–50	19–43
<i>Месторождения III класса по трудности разработки, $H_{к1} = 321-500$ м</i>			
Перегрузочный пункт на борту карьера	44–68	41–61	37–59
Перегрузочный пункт на глубине $1/3 H_{к1}$	36–63	33–55	29–51
Перегрузочный пункт на глубине $2/3 H_{к1}$	32–58	29–50	22–44
<i>Месторождения IV класса по трудности разработки, $H_{к1} = 501-700$ м</i>			
Перегрузочный пункт на борту карьера	54–75	43–63	41–59
Перегрузочный пункт на глубине $1/3 H_{к1}$	42–67	37–58	35–52
Перегрузочный пункт на глубине $2/3 H_{к1}$	34–64	30–50	30–44
<i>Месторождения V класса по трудности разработки, $H_{к1} > 700$ м</i>			
Перегрузочный пункт на борту карьера	59–81	44–64	41–62
Перегрузочный пункт на глубине $1/3 H_{к1}$	46–79	38–61	35–52
Перегрузочный пункт на глубине $2/3 H_{к1}$	38–71	30–50	30–45

Согласно **схеме Б** рис. 1, объемы добычи руды непостоянны. В связи с этим оценку эффективности перехода на новые комплексы оборудования для доработки карьера следует осуществлять исходя из условия:

$$\sum_{t=1}^{T_d} (R_{2t} - R_{1t}) \frac{1}{(1+E)^t} \geq \sum_{t=1}^{T_d} (Z_{2t} - Z_{1t}) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (8)$$

где R_{2t} , R_{1t} и Z_{2t} , Z_{1t} – доходы и затраты в t -м году, р., для вариантов доработки с применением комплексов оборудования меньшей мощности и без них соответственно.

Возможен расчет по величине чистого дисконтированного дохода за общий срок разработки карьера:

$$\text{ЧДД} = \sum_{t=1}^T (R_t - Z_t) \frac{1}{(1+E)^t}, \quad (9)$$

где R_t – доходы в t -м году, р.; Z_t – затраты в t -м году, р.

Причем при выполнении сравнительных расчетов по формулам (8), (9) доходную часть от добычи запасов руды необходимо определять с учетом их ценности, а в затратную часть включать дополнительные затраты на переработку руды, общецеховые и прочие расходы.

Схема Б была принята к детальной оценке на примере карьера «Восточный» Олимпиадинского золоторудного месторождения. Обоснованные при этом варианты развития карьера с различной глубиной и параметрами горнотранспортного оборудования показаны на рис. 2.

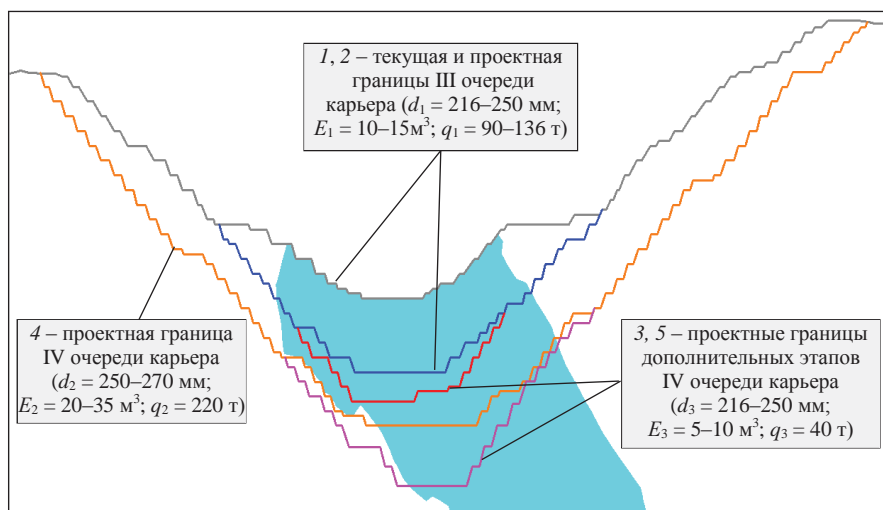


Рис. 2. Динамика параметров горнотранспортного оборудования и глубины карьера «Восточный»:

1 – 450 м; 2 – 600 м; 3 – 660 м; 4 – 710 м; 5 – 830 м; d_1, d_2, d_3 – диаметр долота бурового станка; E_1, E_2, E_3 – вместимость ковша экскаватора; q_1, q_2, q_3 – грузоподъемность автосамосвала

Показанные здесь границы разработки последующей IV очереди карьера определены исходя из параметров горнотранспортного оборудования и их влияния на высоту уступа, ширину рабочей площадки при расконсервации временно нерабочего борта, ширину и уклоны транспортных берм. При этом до глубины 600 м карьер разрабатывают имеющимися комплексами оборудования, до глубины 710 м – комплексами с увеличенными рабочими параметрами, а до глубины 660 м и 830 м дополнительно применяют экскаваторы и шарнирно-сочлененные автосамосвалы с уменьшенной вместимостью ковша и грузоподъемностью. Минимальная ширина таких автосамосвалов и возможность преодолевать крутые транспортные уклоны позволяют в рудной части дополнительно выделить два меньших горнотехнических этапа. В совокупности эти решения при соблюдении условия (8) позволяют сократить пиковые календарные объемы вскрышных работ на 5 млн м³/год, продлить срок открытой разработки месторождения на 2 года и увеличить ЧДД более чем на 10 %.

Результаты исследований и расчетов показывают, что при разработке месторождений глубокими карьерами относительная трудность разработки меняется в зависимости от пространственного положения карьера. Это предопределяет замену горнотранспортного оборудования и управление его параметрами в течение срока разработки. Предложенная методика позволяет оценивать и принимать соответствующие решения при доработке глубоких карьеров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Комленович Д. Многокритериальный подход к выбору горного оборудования // Горное дело. 2017. № 2. С. 10–41.

2. Burt C. Equipment selection for surface mining: a review. University of Technology, Rio Tinto Technical Services, Perth Australia, 2013. 33 p.

3. Кузнецов Д. В. Обоснование технологических комплексов горнотранспортного оборудования для открытой разработки рудных месторождений в суровых климатических условиях: дис. ... канд. техн. наук. Красноярск, 2015. 150 с.

4. Ржевский В. В. Открытые горные работы. Ч. 2. Технология и комплексная механизация. М.: Libroком, 2010. 551 с.

5. Ржевский В. В. Горные науки. М.: Недра, 1985. 96 с.

6. Кузнецов Д. В., Косолапов А. И. Относительная оценка трудности открытой разработки месторождений в суровых климатических условиях // Известия вузов. Горный журнал. 2017. № 2. С. 17–24.

7. Васильев М. В. Транспорт глубоких карьеров. М.: Недра, 1983. 295 с.

8. Яковлев В. Л. Транспорт глубоких карьеров. Состояние, проблемы, перспективы // Горное дело. 2013. № 1. С. 11–18.

9. Лель Ю. И., Ильбульдин Д. Х. Обоснование глубины перехода на новые модели автосамосвалов при доработке глубоких карьеров // ГИАБ. 2009. № 6. С. 313–319.

10. Яковлев В. Л., Тарасов П. И., Журавлев А. Г. Новые специализированные виды транспорта для горных работ. Екатеринбург: УрО РАН, 2011. 375 с.

Поступила в редакцию 8 февраля 2018 года

ESTIMATION OF THE ADVISABILITY OF THE TRANSITION INTO NEW COMPLEXES OF MINING-AND-TRANSPORT EQUIPMENT UNDER DEEP OPEN PITS DEVELOPMENT

Kuznetsov D. V. – ООО Polus Proekt, Krasnoyarsk, the Russian Federation. E-mail: KuznetsovDV@mail.ru

Kosolapov A. I. – Siberian Federal University, Krasnoyarsk, the Russian Federation. E-mail: Kosolapov1953@mail.ru

Some peculiarities of modern state of mining deep ore open pits are considered. The paper introduces the classification of deposits according to the complexity of opencast mining depending on the characteristics of the developed rocks, mode of occurrence, and weather severity. The method is suggested of estimating the necessity for the transition into the new complexes of mining-and-transport equipment under the development of deep open pits, which make it possible to reduce the edge spread range. The schemes of such transition are introduced, which take into account the arrangement of pit loading points for the combination of equipment systems of various types and sizes and capacity, change in the scope of stripping, increase in the recoverable ore reserves and extension of a field production term. Estimating criteria are given and their optimal regions are determined. By the example of Vostochny, the largest gold ore field in Russia, mining-and-transport equipment parameters substantiation is given, together with the depth and boundaries of working.

Key words: relative complexity of opencast mining; parameters of mining-and-transport equipment; open pit depth; open pit edge; angle of repose; production term; stripping; ore.

REFERENCES

1. Komlenovich D. [Multi criteria approach to the selection of mining equipment]. *Gornoe Delo – Mining Engineering*, 2017, no. 2, pp. 10–41. (In Russ.)

2. Burt C. Equipment selection for surface mining: a review. University of Technology, Rio Tinto Technical Services, Perth Australia, 2013. 33 p.

3. Kuznetsov D. V. *Obosnovanie tekhnologicheskikh kompleksov gornotransportnogo oborudovaniia dlia otkrytoi razrabotki rudnykh mestorozhdenii v surovykh klimaticheskikh usloviyakh: dis. ... kand. tekhn. nauk* [Substantiation of technological complexes of mining-and-transport equipment for opencast mining of ore deposits in severe climate conditions. Cand. eng. sci. diss.]. Krasnoyarsk, 2015. 150 p.

4. Rzhetskii V. V. *Otkrytye gornye raboty. Ch. 2. Tekhnologiya i kompleksnaia mekhanizatsiya* [Opencast mining. Part 2. Technology and integrated mechanization]. Moscow, Librokom Publ., 2010. 551 p.

5. Rzhetskii V. V. *Gornye nauki* [Mining sciences]. Moscow, Nedra Publ., 1985. 96 p.

6. Kuznetsov D. V., Kosolapov A. I. [Relative estimation of opencast mining difficulty in severe weather conditions]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal – News of the Higher Institutions. Mining Journal*, 2017, no. 2, pp. 17–24. (In Russ.)

7. Vasil'ev M. V. *Transport glubokikh kar'erov* [Transport of deep open pits]. Moscow, Nedra Publ., 1983. 295 p.

8. Iakovlev V. L. [Transport of deep open pits. State, problems, prospects]. *Gornoe Delo – Mining Engineering*, 2013, no. 1, pp. 11–18. (In Russ.)

9. Lel' Yu. I., Il'bul'din D. Kh. [Substantiation of the depth of transition into new models of dump trucks under the development of deep open pits]. *Gornyi informatsionno-analiticheskii biulleten' (nauchno-tekhnicheskii zhurnal) – Mining Informational and Analytical Bulletin (scientific and technical journal)*, 2009, no. 6, pp. 313–319. (In Russ.)

10. Iakovlev V. L., Tarasov P. I., Zhuravlev A. G. [New specialized types of transport for mining]. Ekaterinburg, UB RAS Publ., 2011. 375 p.