

Научная статья

УДК 622.684

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-20-27

Верхотуров Николай Вячеславович, Овсейчук Василий Афанасьевич

Забайкальский государственный университет

*E-mail: VerkhoturovNV@polyus.com

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «СУХОЙ ЛОГ» ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ ЗАМЕНОЙ АВТОСАМОСВАЛЬНОГО ТРАНСПОРТА НА ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЛЕЙНЫЙ**Информация о статье**

Поступила:

04 апреля 2023 г.

Одобрена после

рецензирования:

18 апреля 2023 г.

Принята к печати:

27 апреля 2023 г.

Опубликована:

17 мая 2023 г.

Ключевые слова:

транспортная система карьера, золоторудное месторождение, автомобильный транспорт, дизель-троллейный транспорт, контактная сеть, дизельное топливо, вредные выбросы в атмосферу, контур карьера, транспортная берма, горнорудная масса.

Аннотация.

Транспортные затраты при разработке месторождений открытым способом в зависимости от глубины карьеров составляют от 25% и более от общих затрат на эксплуатацию рудника. Поэтому снижение этих затрат – одно из важных направлений повышения эффективности ведения горных работ открытым способом. По мере увеличения глубины разработки доля транспортных расходов в объеме эксплуатационных затрат возрастает. В настоящее время глубина карьера по отработке золоторудного месторождения «Сухой Лог» достигла критической величины использования автомобильного транспорта, поэтому возник вопрос поиска альтернативы применению дизельных автосамосвалов. Усложняющим фактором является постоянный рост стоимости дизельного топлива. В непосредственной близости от горного предприятия находится Ингалинская ГЭС, производящая сравнительно дешевую электроэнергию. Возможной альтернативой дизельному транспорту мог бы стать дизель-троллейвозный, при котором значительная доля потребляемого дизельного топлива могла быть сокращена применением электротяги. Применение дизель-троллейвозов для доставки горнорудной массы могло бы позволить не только снизить эксплуатационные затраты, но и увеличить интенсивность откатки, исходя из опыта применения данных типов транспорта на родственных предприятиях. Увеличение интенсивности откатки в свою очередь позволит уменьшить количество транспортных единиц, необходимых для обеспечения заданной производительности карьера по горнорудной массе, что в свою очередь приведет к уменьшению вредных выбросов, образующихся при работе двигателей внутреннего сгорания и объемов образующейся пыли. Это позволит улучшить рудничную атмосферу. Для обеспечения эффективной работы транспортной системы необходимо создание соответствующей инфраструктуры, заключающейся в прокладке троллейных линий как внутри карьера, так и на поверхности и перестройке транспортных берм. Обоснованию возможности замены автомобильного транспорта дизель-троллейвозным при отработке золоторудного месторождения «Сухой Лог» глубоким карьером посвящена данная статья.

Для цитирования: Верхотуров Н.В., Овсейчук В.А. Повышение эффективности отработки запасов золоторудного месторождения «Сухой Лог» открытым способом заменой автосамосвального транспорта на дизель-троллейный // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 2 (166). С. 20-27. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-20-27, EDN: QPVSZC

Введение. Применяемая технология доставки горнорудной массы автомобильным транспортом при ведении открытых горных работ на отработываемых месторождениях в связи со значительным ростом стоимости дизельного топлива постепенно

становится нерентабельной. Альтернативой автомобильному транспорту может стать доставка грузов дизель-троллейвозами при наличии дешевого источника электроэнергии. Именно такой вариант транспортирования горнорудной массы может быть

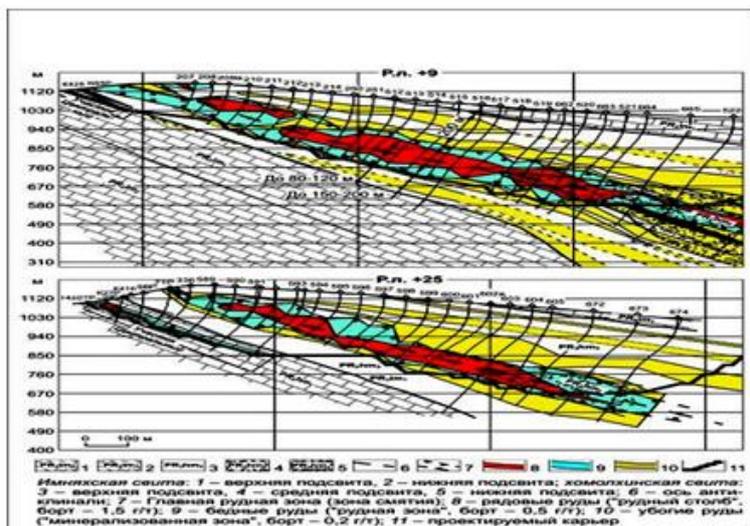


Рис. 1. Геологические разрезы месторождения «Сухой Лог»
Fig. 1. Geological sections of the Sukhoi Log field



Рис. 2. Карьер по отработке месторождения «Сухой Лог»
Fig. 2. Sukhoi Log quarry

реализован при разработке запасов золоторудного месторождения «Сухой Лог». Месторождение «Сухой Лог» расположено рядом с Усть-Илимской ГЭС, поэтому проблем электрификации транспортной системы карьера не существует.

Актуальность работы обоснована поиском путей снижением затрат на транспортировку горнорудной массы при ведении горных работ при разработке рудных месторождений открытым способом.

Объект исследования – транспортные системы доставки грузов при отработке месторождений открытым способом.

Задачи исследования – оценка возможности внедрения дизель-троллейбусов на предприятии для транспортирования горнорудной массы и опре-

деление параметров вскрытия и системы разработки при внедрении дизель-троллейбусов.

Методика исследований. Сбор накопленной информации, математико-статистическая ее обработка и обоснование эффективности предлагаемых технических решений.

Методы исследования. Экономико-математическое моделирование схемы доставки горнорудной массы из карьера с использованием троллейбусов, установление влияния факторов загрязнения рудничной атмосферы при эксплуатации дизель-троллейбусов на эффективность транспортной системы.

Проработка темы. Повышение эффективности отработки запасов золоторудного месторождения «Сухой Лог» открытым способом достигается выбором технологической схемы транспортирования

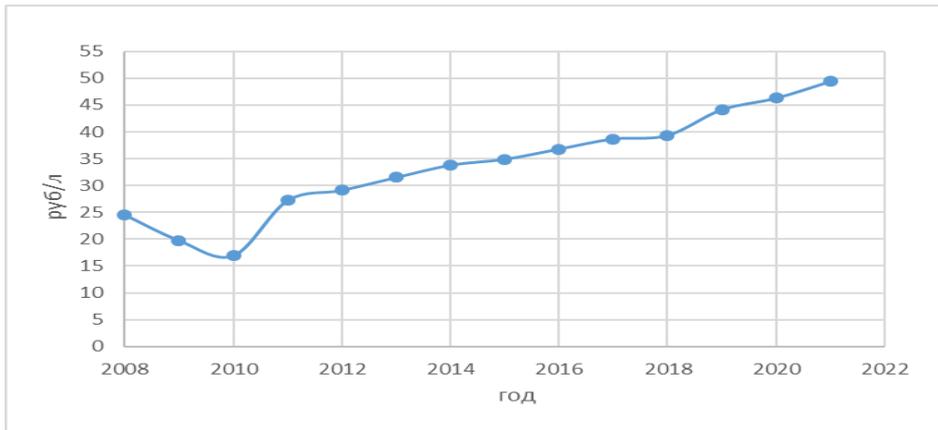


Рис. 3. Динамика изменения цен на дизельное топливо по годам
Fig. 3. Dynamics of changes in prices for diesel fuel by years

8. Модификация подготовленного под троллей самосвала в троллейвоз

Клиент может осуществить модификацию в любое удобное время

Перечень операций по модификации подготовленного под троллей самосвала в троллейвоз

Описание	Стандартный самосвал	Подготовленный под троллей самосвал	Троллейвоз
Модификация габариты	Нет	ДА	---
Изменение расположения лестниц	Нет	ДА	---
Подрезка козырька	Нет	Нет	ДА
установка монтажной конструкции	Нет	Нет	ДА
Установка пантографа	Нет	Нет	ДА
Установка мотор-колес увеличенного размера	Нет	ДА	---
Установка панели троллей	Нет	Нет	ДА

Рис. 4. Модификация автосамосвала в дизель-троллейвоз
Fig. 4. Modification of a dump truck into a diesel-trolley car



Рис. 5. Hitachi EH5000 AC-3 Trolley
Fig. 5. Hitachi EH5000 AC-3 Trolley

горной массы в соответствии со схемой вскрытия горизонтов карьера и типа транспортного оборудования [1, 2].

Горно-геологические условия локализации руд месторождения «Сухой Лог» благоприятны для его отработки открытым способом.

ТЭО и проектом отработки запасов золотосодержащих руд определена технология ведения гор-

ных работ с применением дизельных автосамосвалов для транспортировки горнорудной массы [3, 4].

До 80% горной массы, получаемой при добыче полезных ископаемых открытым способом, перевозится карьерными самосвалами с дизельными двигателями. Кроме того, для современного этапа развития открытых горных работ характерно увеличение глубины карьеров до 300-600 м. С углублением

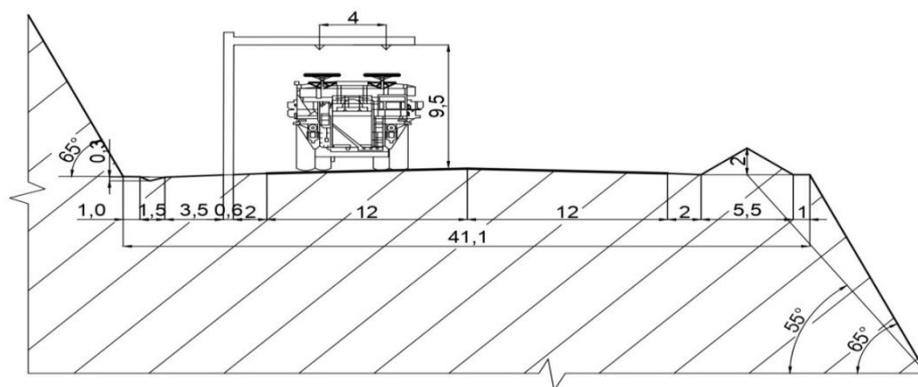


Рис. 6. Конструкция транспортной бермы дизель-троллейвоза Hitachi EH5000AC-3 Trolley
 Fig. 6. The design of the transport berm for Hitachi EH5000AC-3 Trolley car

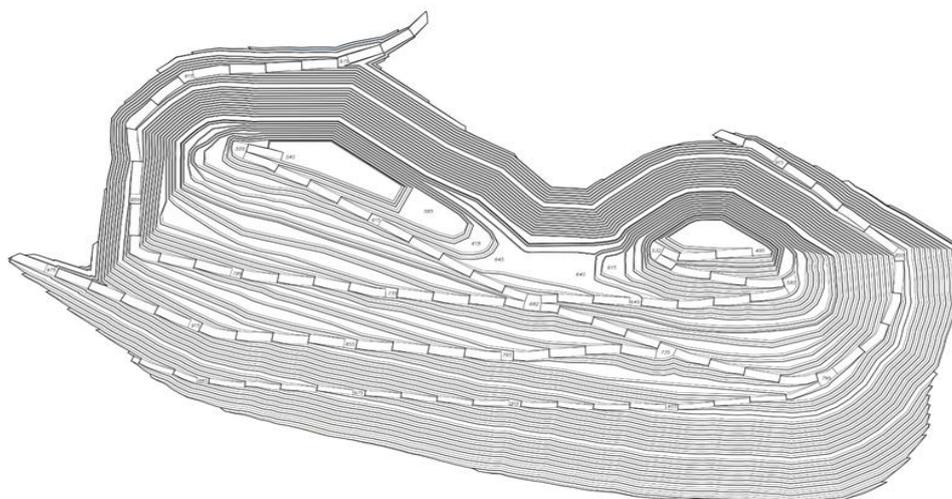


Рис. 7. Контур карьера при условии применения дизель-троллейвозов
 Fig. 7. The contour of the quarry subject to the use of diesel trolley cars

Таблица 1. Сравнение вариантов разработки месторождения
 Table 1. Comparison of field development options

Показатель/ Index	Ед. изм./ Unit ism	Проект карьера		Разница/ Difference
		Автосамосвал / dump truck	Дизель-троллейвоз/ Diesel - trolley	
Инвентарный парк в максимальный год по- требности/ Inventory park in the maximum year of need	ед./ units	82	52	30
Масса выброса вредных Веществ/ Mass of harmful emissions substances	т/м	149,9	76,02	73,88
Расход топлива/ Fuel consumption	тыс. т/ thou- sand tons	2368,89	1081,99	1286,9
Выбросы диоксида серы/ Sulfur dioxide emissions	Кг/ kg	2382,07	1097,55	1284,52
Общая масса образова- ния пыли/ Total mass of dust generation	тыс. т/ thou- sand tons	331018,7	318421,37	12597,33

карьеров начинают проявляться недостатки авто-
 транспорта, такие как небольшая скорость движе-
 ния груженых автосамосвалов на подъем, ведущая

к снижению производительности; значительный
 расход жидкого топлива; увеличение эксплуатаци-
 онных затрат; повышенная загазованность отрабо-

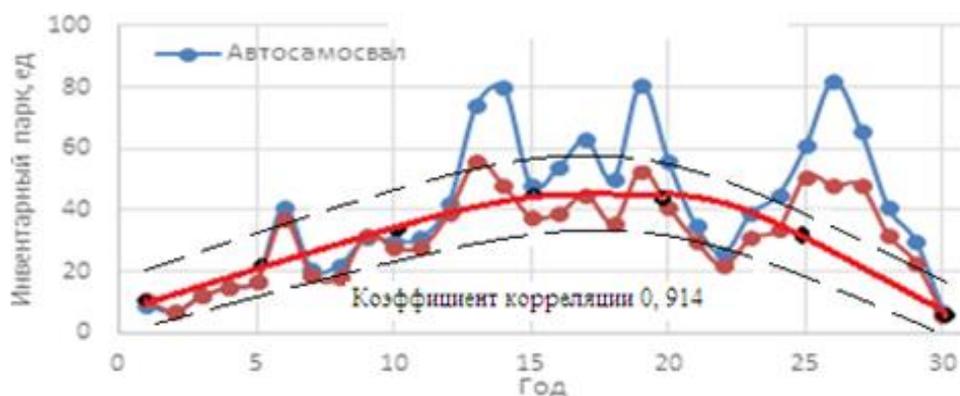


Рис. 8. Инвентарный парк дизель-троллейвозов
Fig. 8. Inventory of diesel trolley cars

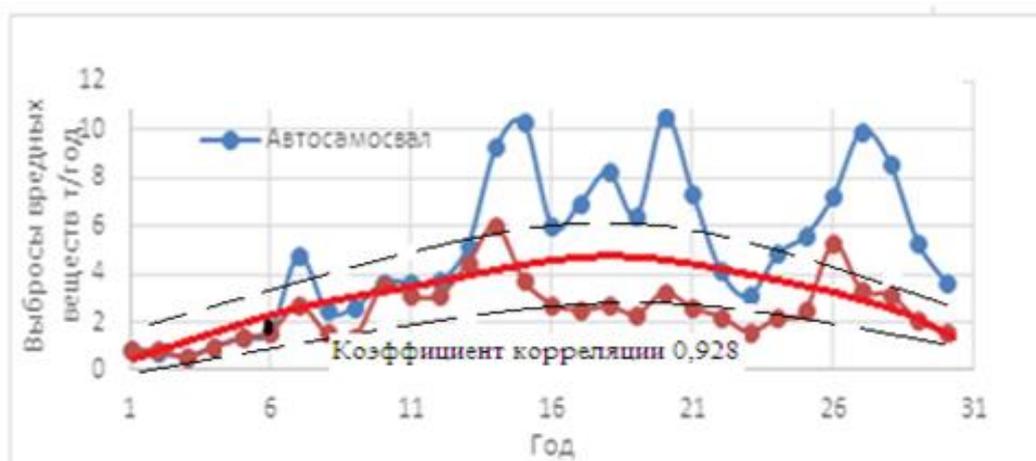


Рис. 9. Масса годового выброса вредных веществ
Fig. 9. The mass of the annual emission of harmful substances



Рис. 10 – Расход дизельного топлива
Fig. 10 - Diesel fuel consumption

тавшими газами. Описанные недостатки ограничивают эффективное применение автотранспорта и в ряде случаев являются причиной длительной остановки работы предприятия [5].

Одной из причин высокой себестоимости карьерных грузоперевозок является дороговизна дизельного топлива. На Рис. 3 показана динамика роста цен на «дизель».

Анализ транспортных схем доставки горнорудной массы из карьера на поверхность показал, что в условиях отработки месторождения «Сухой Лог»

наиболее перспективным направлением является замена автосамосвального транспорта на дизель-троллейвозный.

Проведенными исследованиями и расчетами автором доказано технологическое преимущество предлагаемой технологии доставки грузов над проектной технологией грузоперевозок [6].

Месторождение «Сухой Лог» расположено рядом с Усть-Илимской ГЭС, поэтому проблем электрификации транспортной системы карьера не существует.

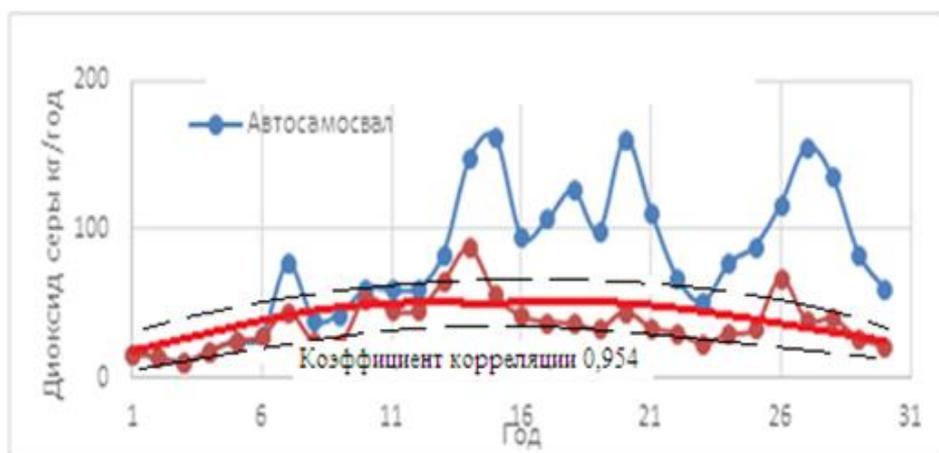


Рис. 11. Выбросы диоксида серы
Fig. 11. Emissions of sulfur dioxide

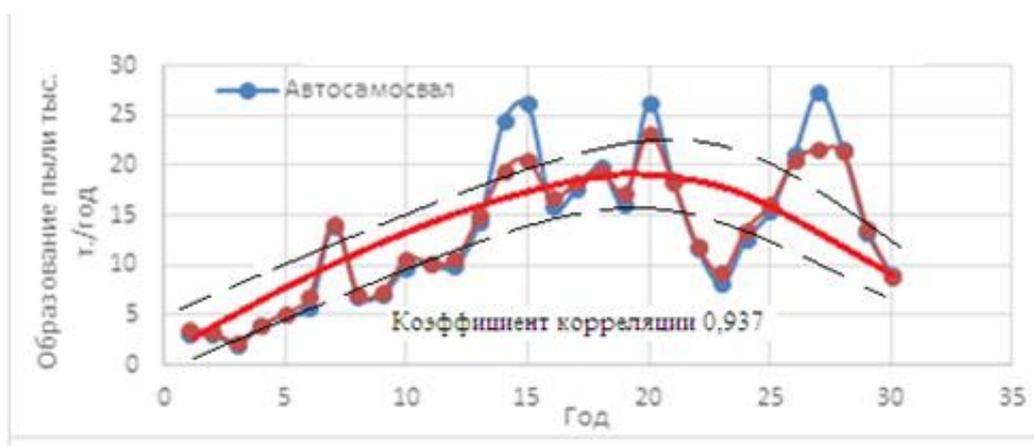


Рис. 12. Общая масса образования пыли
Fig. 12. Total mass of dust generation

Базовой моделью для замены транспорта предлагается использовать дизель-троллейвоз фирмы Hitachi (Рис. 5).

Для подтверждения эффективности применения дизель-троллейвозной доставки горнорудной массы рассчитаны параметры карьера (Рис. 6, 7).

Сравнительный анализ использования систем доставки грузов в пределах карьера представлен в Таблице 1.

На Рис. 8-12 показана динамика изменения показателей по годам [7].

Зависимость количества дизель-троллейвозов от производительности карьера по годам описывается выражением

$$N = -6,75 + 6,5 * t - 0,2 * t^2, \text{ шт} \quad (1)$$

где t – год эксплуатации карьера.

Зависимость массы выбросов вредных веществ в атмосферу от работы транспорта по годам описывается выражением

$$m_{at} = 0,14 + 0,48 * t - 0,01 * t^2, \text{ т/год} \quad (2)$$

Зависимость расхода дизельного топлива при работе транспорта по годам описывается выражением

$$Q_T = 12,2 + 5,38 * t - 0,18 * t^2, \text{ тыс. т/год} \quad (3)$$

Зависимость выбросов серы при работе транспорта по годам описывается выражением

$$m_s = 10,86 + 5,32 * t - 0,18 * t^2, \text{ т/год} \quad (4)$$

Зависимость запыления рудничной атмосферы при работе транспорта по годам описывается выражением

$$m_n = -1,25 + 1,98 * t - 0,005 * t^2, \text{ тыс. т/год} \quad (6)$$

Как видно из таблицы и рисунков, применение в качестве карьерного транспорта дизель-троллейвозов по всем показателям более эффективно.

Выводы.

Анализ сравнительных технологических характеристик применения автомобильного и дизель-троллейвозного транспорта для транспортирования горнорудной массы при вскрыше и отработке запасов золоторудного месторождения «Сухой Лог» показал, что замена автомобильного транспорта на дизель-троллейвозный позволит:

1. Уменьшить инвентарный парк транспортных машин на 30 ед.
2. Снизить объем вредных выбросов на 49 %.
3. Уменьшить объем выбросов диоксида серы на 54,6 %.
4. Уменьшить расход дизельного топлива на 53,9 %.
5. Уменьшить запыленность карьерного воздуха на 3,8 %.

В процессе исследований получены зависимости динамики изменения подвижного парка, объемов выбросов вредных веществ в атмосферу, запыленности атмосферы и расхода дизельного топлива от времени работы карьера.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М. : Недра, 1981. 293 с.
2. Appianing E. J. A., Mireku-Gyimah D. Open Pit Optimisation and Design: A. Stepwise Approach // Ghana Mining Journal. 2015. Vol. 15. No. 2. Pp. 27–35.
3. Васильев М. В. Транспорт глубоких карьеров. М. : Недра, 1983. 360 с.
4. Гибадуллин З. Р. Обоснование технологических схем транспортирования рудной массы при

подземной разработке подкарьерных запасов медноколчеданных месторождений: Дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2012. 138 с.

5. Журавлев А. Г. Обоснование рациональных технических параметров горнотранспортных машин // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2016. Специальный выпуск № 21. С. 75–87.

6. Журавлев С. С. Краткий обзор методов и средств имитационного моделирования производственных систем // Проблемы информатики. 2009. № 3. С. 47–53.

7. Исследование влияния новых транспортных комплексов на сокращение выделения вредных веществ в воздушный бассейн с отработавшими газами / Отчет о научно-исследовательской работе. Екатеринбург : ИГД УРО РАН, 2006. 167 с.

© 2023 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Верхотуров Николай Вячеславович, аспирант, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия, e-mail: VerkhoturovNV@polyus.com

Овсейчук Василий Афанасьевич, д-р техн. наук, профессор, Забайкальский государственный университет, г. Чита, Россия, e-mail: mks3115637@Yandex.ru

Заявленный вклад авторов:

Верхотуров Н.В. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных выводы; написание текста.

Овсейчук В.А. – постановка исследовательской задачи; научный менеджмент; обзор соответствующей литературы; концептуализация исследования; написание текста, сбор и анализ данных выводы; написание текста.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-20-27

Nikolay V. Verkhoturov, Vasily A. Ovseychuk

Transbaikal State University

*E-mail: Korzhev_AA@pers.spmi.ru

IMPROVING THE EFFICIENCY OF MINING THE RESERVES OF THE «SUKHOI LOG» GOLD DEPOSIT BY AN OPEN METHOD



Article info

Received:

04 April 2023

Accepted for publication:

18 April 2023

Accepted:

27 April 2023

Abstract.

Transportation costs for the development of open-pit deposits amount to 25% or more of the total cost of operating the mine depending on the depth of the quarries. Therefore, reducing these costs is one of the important ways to improve the efficiency of open-pit mining. As the depth of development increases, the share of transportation costs in the volume of operating costs increases. Currently, the depth of the quarry for the development of the Sukhoi Log gold deposit has reached a critical value for the use of motor transport, so the question arose of finding an alternative to the use of diesel dump trucks. A complicating factor is the constant increase in the cost of diesel fuel. In the immediate vicinity of the mining enterprise is the Ingalinskaya HPP, which produces relatively cheap electricity. A possible alternative to diesel transport could be diesel trolley truck, in which a sig-

Published:
17 May 2023

Keywords: quarry transport system, gold deposit, automobile transport, diesel trolley transport, contact network, diesel fuel, harmful emissions into the atmosphere, pit contour, transport berm, rock mass

nificant proportion of the diesel fuel consumed could be reduced by the use of electric traction. The use of diesel trolley trucks for the delivery of ore could allow not only the reduction of operating costs, but also an increase in the intensity of haulage, based on the experience of using these types of transport at related enterprises. An increase in the intensity of haulage, in turn, will reduce the number of transport units necessary to ensure a given productivity of the quarry for the ore mass, which in turn will lead to a reduction in harmful emissions generated during the operation of internal combustion engines and the volume of dust generated. This will improve the mine atmosphere. To ensure the efficient operation of the transport system, it is necessary to create an appropriate infrastructure, which consists in laying trolley lines both inside the quarry and on the surface and rebuilding transport berms. This article is devoted to substantiating the possibility of replacing motor transport with diesel trolley trucks during the development of the Sukhoi Log gold deposit by a deep quarry.

For citation: Verkhoturov N.V., Ovseychuk V.A. Improving the efficiency of mining the reserves of the «Sukhoi Log» gold deposit by an open method. *Mining Equipment and Electromechanics*, 2023; 2(166):20-27 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-20-27, EDN: QPVSZC

REFERENCES

1. Arsentiev A.I. Autopsy and systems for the development of quarry fields. M.: Nedra; 1981.

2. Appianing E.J.A., Mireku-Gyimah D. Open Pit Optimization and Design: A. Stepwise Approach. *Ghana Mining Journal*. 2015; 15(2):27–35.

3. Vasiliev M.V. Transport of deep pits. M.: Nedra; 1983.

4. Gibadullin Z.R. Substantiation of technological schemes of ore mass transportation during underground mining of sub-quarry reserves of copper-cruste-

its: Dis. ... Candidate of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2012.

5. Zhuravlev A.G. Justification of rational technical parameters of mining vehicles. *Mining information and analytical bulletin*. 2016; 21:75–87.

6. Zhuravlev S.S. A brief overview of methods and means of simulation modeling of production systems. *Problems of Informatics*. 2009; 3:47–53.

7. Investigation of the impact of new transport complexes on reducing the release of harmful substances into the air pool with exhaust gases. Report on research work. Yekaterinburg: IGD URO RAS 2006.

© 2023 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The author declare no conflict of interest.

About the author:

Nikolay V. Verkhoturov, post-graduate student. Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail: VerkhoturovNV@polyus.com

Vasily A. Ovseychuk, Dr. Sc. in Engineering, Professor, Transbaikal State University, Chita, Russia, e-mail: mks3115637@Yandex.ru

Contribution of the authors:

Nikolay V. Verkhoturov – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Vasily A. Ovseychuk – research problem statement; scientific management; reviewing the relevant literature; conceptualisation of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.

