

Научная статья

УДК 622.684

DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-28-34

Верхотуров Николай Вячеславович, Овсейчук Василий Афанасьевич

Забайкальский государственный университет

*E-mail: VerkhoturovNV@polyus.com

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ТРАНСПОРТИРОВАНИЯ ГОРНОРУДНОЙ МАССЫ ДИЗЕЛЬ-ТРОЛЛЕЙВОЗАМИ**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, контур карьера, горнорудная масса, сопротивление качению, вскрышные породы.

Аннотация.

Проектными решениями отработка золоторудного месторождения «Сухой Лог» предусматривается карьером с транспортированием горнорудной массы дизельными автосамосвалами. Затраты на транспорт превышают 25% от общей суммы затрат. В связи с падением цен на золото и ростом стоимости дизельного топлива транспортные услуги в значительной степени снижают эффективность работы предприятия. На основе имитационного метода моделирования транспортных схем и технико-экономических расчетов установлено, что избежать этой тенденции возможно заменой дизельного автотранспорта на дизель-троллейвозный. Для данной технологии необходимо обосновать организационную схему транспортных работ, включающую в себя схему электрификации как самого карьера, так и отвального хозяйства. В статье предложен вариант схемы поэтапной электрификации транспортной схемы с разбивкой на 5 этапов по 6 лет каждый. В процессе углубки карьера общая длина транспортной сети увеличивается, соответственно, растет и количество транспортных единиц. Для выполнения плановых показателей по добыче руды необходимо обеспечить такую производительность транспортной системы, которая позволила бы синхронно с отбойкой и погрузкой горнорудной массы доставить ее на поверхность для дальнейшей переработки и утилизации.

Расчет плановых показателей погрузки и откатки горнорудной массы с применением дизель-троллейвозного транспорта должен быть обоснован необходимыми скоростными режимами движения транспортных единиц как в режиме работы двигателя внутреннего сгорания, так и в режиме электрической тяги. Для этого нужно установить технологические параметры, определяющие эффективность предложенных технических решений. Как показали проведенные исследования, таким параметром является скорость движения транспортных единиц, зависящая в свою очередь от сопротивления качению транспортного средства. Кроме этого, необходимо предложить эффективную систему троллейной сети с учетом потребляемой мощности по годам отработки запасов.

Для цитирования: Верхотуров Н.В., Овсейчук В.А. Разработка технологической схемы транспортирования горнорудной массы дизель-троллейвозами // Горное оборудование и электромеханика. 2023. № 2 (166). С. 28-34. DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-28-34, EDN: ITWNQR

Введение. Оработка запасов золоторудного месторождения «Сухой лог», согласно проектным решениям, осуществляется открытым способом. Постоянно меняющаяся конъюнктура минерального сырья на мировом рынке и возрастающие эксплуатационные затраты на его добычу требуют поиска эффективных решений по снижению из-

держек производства. Одной из наиболее значимых статей расходов горного производства являются затраты на транспортирование горнорудной массы при доставке ее на поверхность. Проектными решениями отработка золоторудного месторождения «Сухой Лог» предусматривается карьером с транспортированием горнорудной массы дизельными

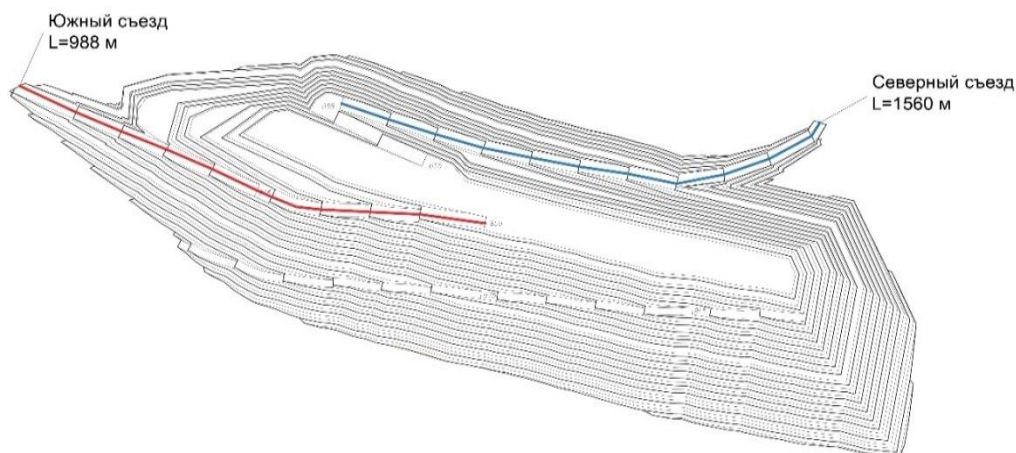


Рис. 1. Расположение контактных сетей на 1 этапе разработки
Fig. 1. Location of contact networks at the 1st stage of development

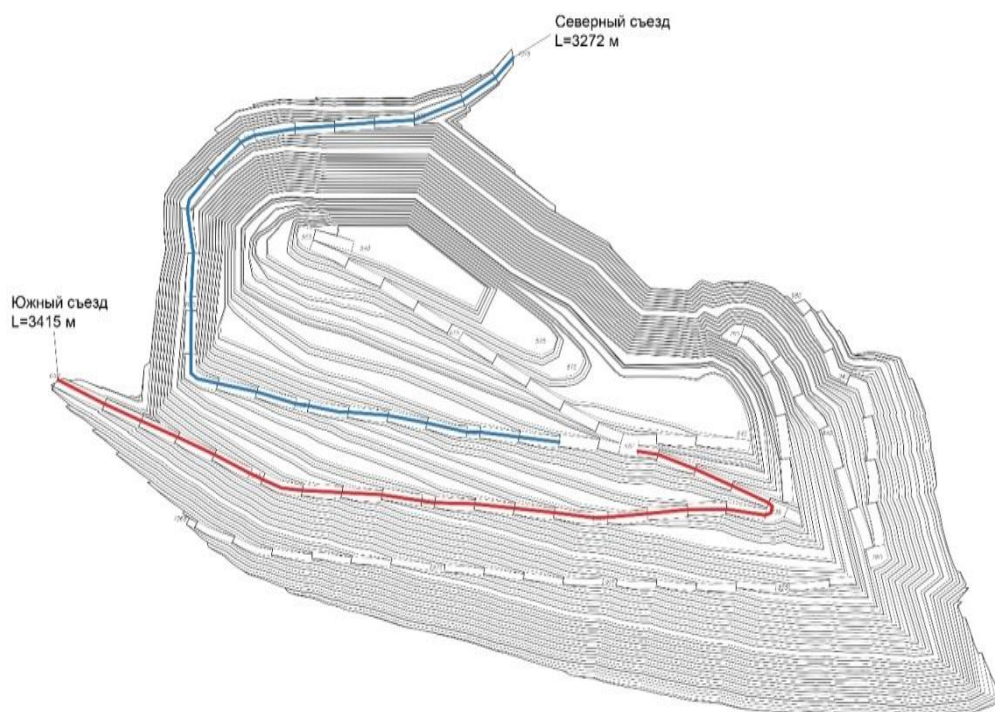


Рис. 2. Расположение контактных сетей на 5 этапе разработки
Fig. 2. Location of contact networks at the 5th stage of development

автосамосвалами [1]. Затраты на транспорт превышают 25% от общей суммы затрат. В связи с падением цен на золото и ростом стоимости дизельного топлива транспортные услуги в значительной степени снижают эффективность работы предприятия. На основе имитационного метода моделирования [2] транспортных схем и технико-экономических расчетов установлено, что избежать этой тенденции возможно заменой дизельного автотранспорта на дизель-троллейвозный [8].

Актуальность работы обоснована поиском альтернативной технологии доставки горнорудной массы при отработке минерального сырья открытым

способом, позволяющей значительно снизить себестоимость добычи руды.

Объект исследования – процессы транспортирования горнорудной массы при отработке запасов золоторудного сырья открытым способом.

Задачи исследования. Установление оптимальных режимов доставки минерального сырья на поверхность при отработке запасов глубокими карьерами.

Методика исследований. Сбор накопленной информации, математико-статистическая ее обработка и разработка технологического регламента доставки горнорудной массы троллейвозами из карьера.

контактной сети представлены на Рис. 3.

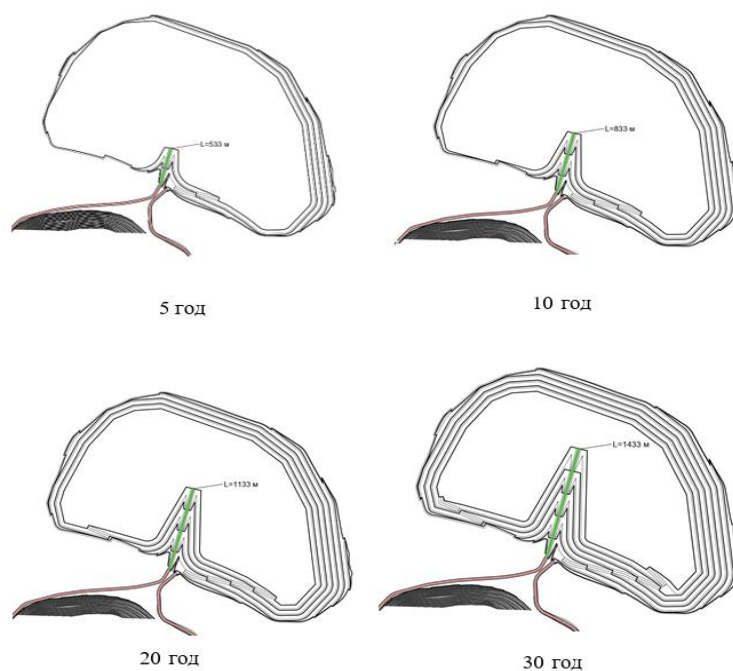


Рис. 3. Расположение контактной сети на отвалах
Fig. 3. Location of the contact network on the dump sites

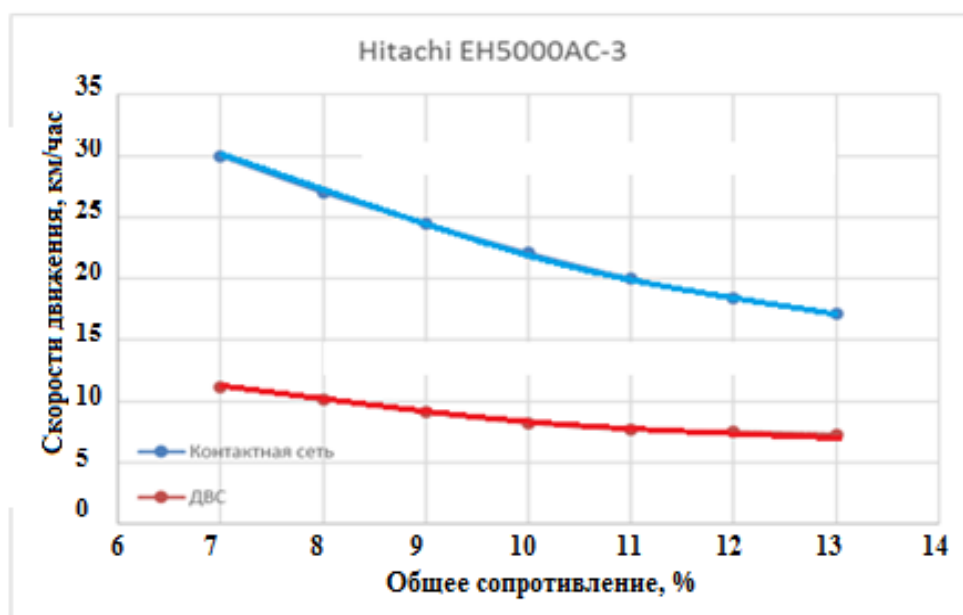


Рис. 4. Зависимость скорости движения транспорта от общего сопротивления дизель-троллейвоза Hitachi EH5000AC-3

Fig. 4. Dependence of the speed of transport on the total resistance of the Hitachi EH5000AC-3 diesel trolley car

Методы исследования. Экономико-математическое моделирование схемы доставки горнорудной массы из карьера с использованием троллейвозов, установление зависимости увеличения интенсивности откатки горнорудной массы, снижение сопротивления качению при замене дизельных автосамосвалов дизель-троллейвозами.

Проработка темы. Для решения задачи по разработке технологической схемы организации работ

по транспортировке горнорудной массы в карьере потребовалось решить частные задачи, включающие разработку схемы прокладки троллейной сети в карьере и на отвалах, произвести расчет времени движения транспортных средств, рассчитать производительность откатки горнорудной массы, разработать инфраструктуру троллейной системы, определить потребляемую мощность дизель-троллейного парка [5, 9, 10].



Рис. 5. Троллейная система
Fig. 5. Trolley system



Рис. 6. Потребляемая мощность по годам
Fig. 6. Power consumption by years

Период отработки запасов карьера разделен на 5 этапов по 6 лет каждый. В течение каждого этапа строится контактная сеть [3, 4]. Для первого этапа длина сети составит 1560 м, при этом горные работы опускаются с 1040 м на 885 м карьера (Рис. 1).

В течение каждого этапа контактная сеть удлиняется по мере опускания горных работ. На пятом этапе суммарная длина сети составит 6687 метров (Рис. 2).

Для отгрузки отвальных пород формируются отвалы, подъезд к которым электрифицируется [7]. Схемы прокладки контактной сети представлены на Рис. 3.

Для расчета времени транспортирования горнорудной массы необходимо определить скорость движения транспортных средств с учетом общего сопротивления качению при движении на контактной сети и за счет двигателя внутреннего сгорания.

Зависимость скорости движения дизель-троллейбуса Hitachi EH5000AC-3 от общего сопротивления качению представлена на Рис. 4.

Зависимость скорости движения дизель-троллейбуса на электротяге от величины сопротивления качению выражается формулой

$$V_{эл} = 0,002 * P_k^4 - 0,085 * P_k^2 - 12,2 * P_k + 75,3, \quad \text{км/час} \quad (1)$$

Зависимость скорости движения дизель-троллейбуса на двигателе внутреннего сгорания от величины сопротивления качению описывается выражением

$$V_{двс} = 0,003 * P_k^4 - 0,092 * P_k^2 - 5,3 * P_k + 27, \quad \text{км/час} \quad (2)$$

где P_k – сопротивление качению, %

Выполненные расчеты производительности транспортировки горнорудной массы (тыс. т) и транспортного парка (количество дизель-троллейбусов, шт.) показали, что максимальная производительность карьера по горнорудной массе будет достигнута на 10-12 год эксплуатации. Производительность карьера возрастет от 8565 до 28806 тыс. т в год, инвентарный парк дизель-троллейбусов от 3 до 52 шт.

Инфраструктура троллейной системы включает подстанции, трансформаторы и троллейные линии (Рис. 5).

С учетом предложенной инфраструктуры рассчитана потребляемая мощность энергии (Рис. 6) и динамика электрификации трассы (Рис. 7).

Выводы

В процессе выполненных исследований получены следующие результаты:

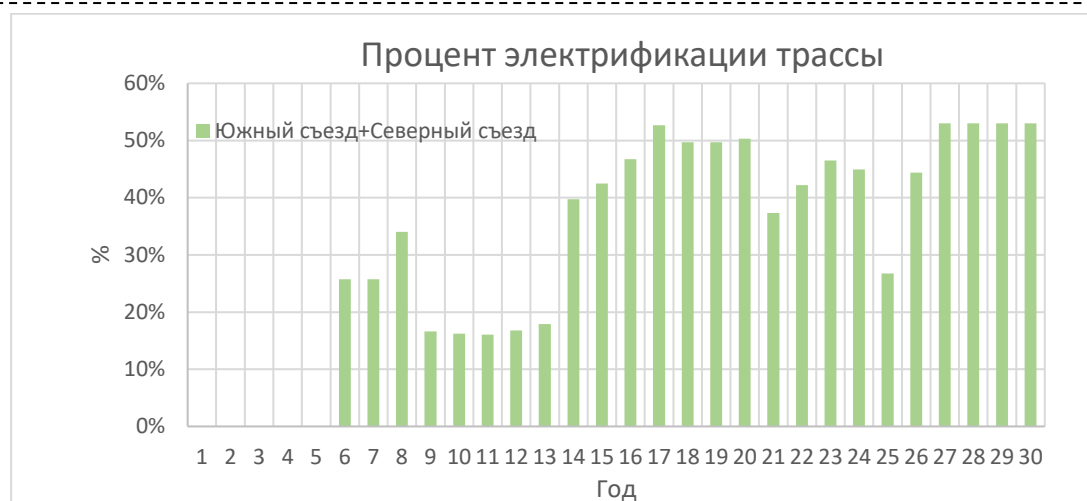


Рис. 7. Процент электрификации трассы
Fig. 7. Percentage of electrification of the route

1. Предложена организационная структура предприятия в условиях применения дизель-троллейбусов.

2. Произведен расчет времени движения транспортнх средств.

3. Установлена зависимость скорости движения дизель-троллейбусов от общего сопротивления дизель-троллейбуса Hitachi EH5000AC-3.

4. Разработана схема расположения контактных сетей на каждом из этапов разработки.

5. Разработана схема расположения контактной сети на отвалах.

6. Произведен расчет производительности подвижного парка.

7. Предложена инфраструктура троллейной системы.

8. Установлены зависимости потребляемой мощности от времени работы карьера.

9. Установлены зависимости доли электрификации трассы движения транспортнх средств от времени работы карьера.

Выполненные исследования и расчеты позволяют определить экономические показатели на вскрышу и отработку запасов золоторудного месторождения «Сухой Лог», доказать экономическую и экологическую эффективность принятых технологических решений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Арсентьев А. И. Вскрытие и системы разработки карьерных полей. М. : Недра, 1981. 293 с.
2. Боев В. Д. Имитационное моделирование систем М. : Юрайт, 2017. 253 с.
3. Бурмистров К. В. Обоснование методов управления интенсивностью отработки участков рабочей

зоны карьера: Дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2003. 135 с

4. Бурмистров К. В., Колонюк А. А., Кидяев В. А. Выбор оптимального направления развития горных работ в период интенсивной разработки месторождения «Малый Куйбас» // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2010. №9. С. 302–306.

5. Гибадуллин З. Р. Обоснование технологических схем транспортирования рудной массы при подземной разработке подкарьерных запасов медноколчеданных месторождений: Дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2012. 138 с.

6. Горное дело: Терминологический словарь / Под научной редакцией акад. РАН Трубецкого К. Н., чл.-корр. РАН Каплунова Д. Р. 5-е изд., перераб. и доп. М. : Горная книга, 2016. 635 с.

7. Еремин Г. М. Разработка и доставка полезных ископаемых на поверхность. М. : Горная книга, 2010. 363 с.

8. Кидяев В. А. Обоснование схем вскрытия карьеров на заключительных этапах открытой разработки при освоении месторождений открыто-подземным способом: Дис. ... канд. техн. наук. Магнитогорск, 2013. 142 с.

9. Новоселов А. Л., Медведева О. Е., Новоселова И. Ю. Экономика, организация и управление в области недропользования. Учебник и практикум – М. : Юрайт, 2019. 625 с.

10. Шадронов А. Г., Саблев С. А., Пыталев И. А., Фридрихсон О. В. Совершенствование логистической схемы Светлинского рудника при переходе на циклично-поточную технологию // Известия Тульского государственного университета. 2020. № 4. С. 535–547.

© 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: 10.26730/1816-4528-2023-2-28-34

Nikolay V. Verkhoturov, Vasily A. Ovseychuk

Transbaikal State University

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

DEVELOPMENT OF A TECHNOLOGICAL SCHEME FOR THE TRANSPORTATION OF ROCK MASS BY DIESEL TROLLEY TRUCKS



Article info

Received:

04 April 2023

Accepted for publication:

18 April 2023

Accepted:

27 April 2023

Published:

17 May 2023

Keywords: quarry transport system, gold deposit, automobile transport, diesel-trolley transport, contact network, diesel fuel, pit contour, rock mass, rolling resistance, overburden rock

Abstract.

The design solutions for the development of the Sukhoi Log gold deposit provide for a quarry with the transportation of the ore mass by diesel dump trucks. Transportation costs exceed 25% of the total cost. Due to the fall in gold prices and the increase in the cost of diesel fuel, transport services significantly reduce the efficiency of the enterprise. Based on the simulation method of modeling transport schemes and technical and economic calculations, it was found that it is possible to avoid this trend by replacing diesel vehicles with diesel trolley trucks. For this technology, it is necessary to justify the organizational scheme of transport works, which includes the scheme of electrification of both the quarry itself and the waste ore facility. The article proposes a variant of the scheme of phased electrification of the transport scheme with a breakdown into 5 stages of 6 years each. In the process of deepening the quarry, the total length of the transport network increases, and the number of transport units increases accordingly. In order to fulfill the planned indicators for ore extraction, it is necessary to ensure such a performance of the transport system that would allow the delivery of ore mass to the surface for further processing and disposal synchronously with its the breaking and loading.

The calculation of the planned indicators of loading and hauling the ore mass using diesel trolley transport should be justified by the necessary high-speed modes of movement of transport units both in the mode of operation of the internal combustion engine and in the mode of electric traction. To do this, you need to set the technological parameters that determine the effectiveness of the proposed technical solutions. As studies have shown, such a parameter is the speed of movement of transport units, which in turn depends on the rolling resistance of the vehicle. In addition, it is necessary to propose an effective trolley network system, taking into account the power consumption over the years of inventory development.

For citation: Verkhoturov N.V., Ovseychuk V.A. Development of a technological scheme for the transportation of rock mass by diesel trolley trucks. Mining Equipment and Electromechanics, 2023; 2(166):28-34 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2023-2-28-34, EDN: ITWHQR

REFERENCES

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

2. Boev V.D. Simulation of systems M.: Yurayt; 2017.

3. Burmistrov K.V. Substantiation of methods for managing the intensity of mining areas of the working

area of the quarry: Dis. ... Candidate of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2003.

4. Burmistrov K.V., Kolonyuk A.A., Kidyaev V.A. // Choosing the optimal direction for the development of mining operations during the intensive development of the Maly Kuibas deposit. *Mining information and analytical Bulletin*. 2010. No. 9. Pp. 302-306.

5. Gibadullin Z.R. Substantiation of technological schemes of ore mass transportation during underground mining of sub-quarry reserves of copper-cruste deposits: Dis. ... Candidate of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2012.

6. Mining: Terminological dictionary / Under the scientific editorship of akad. RAS Trubetskoy K.N., corresponding member. RAS Kaplunova D.R. 5th ed., reprint. and additional. M.: Mountain Book; 2016.

7. Eremin G.M. Development and delivery of minerals to the surface. M.: Publishing House of the Mos-

cow State Mining University, publishing house «Mining Book»; 2010.

8. Kidyaev, A. Justification of the schemes of opening quarries at the final stages of open-pit mining during the development of deposits by the open-underground method: Dis. ... Candidate of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2013.

9. Novoselov A.L., Medvedeva O.E., Novoselova I.Y. Economics, organization and management in the field of subsoil use. Textbook and practicum. M.: Yurayt; 2019.

10. Shadrinov A.G., Sablev S.A., Pytalev I.A., Friedrichson O.V. Improvement of the logistics scheme of the Svetlinsky mine during the transition to a cyclic flow technology. *Proceedings of Tula State University*. 2020; 4:535–547.

© 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; conceptualization 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; conceptualization of research; writing the text, data collection; data analysis; drawing the conclusions; writing the text.

Author have read and approved the final manuscript.

