

Код МРНТИ 52.13.27

\*Д.Т. Ивадилинова<sup>1</sup>, Д.С. Кулжабаева<sup>1</sup>, С.А. Мустафин<sup>2</sup>, Б. Хусан<sup>1</sup><sup>1</sup>Некоммерческое акционерное общество «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан),<sup>2</sup>Товарищество с ограниченной ответственностью «Недрапроект» (г. Караганда, Казахстан)

## АНАЛИЗ ПРОЦЕССОВ ДОСТАВКИ И ОТГРУЗКИ РУДЫ В УСЛОВИЯХ СИСТЕМ ОТРАБОТКИ ПОДЭТАЖНЫМИ ШТРЕКАМИ

**Аннотация.** Статья посвящена анализу доставки и отгрузки руды в условиях подземной добычи системой отработки подэтажными штреками с учетом дистанционного управления технологическим процессом. Анализ показал достоинства применения погрузочно-доставочных машин, оснащенных системами дистанционного управления. Для детального исследования вопроса доставки и отгрузки руды выбраны запасы Западного участка месторождения Нурказган, для сравнения приведены данные по Иртышскому руднику. По горнотехническим условиям Западного участка месторождения, а также в соответствии с анализом технологий доставки и отгрузки на аналогичных месторождениях наиболее приемлемыми являются варианты системы разработки подэтажного обрушения и система подэтажных штреков с последующей выемкой целиков и обрушением.

**Ключевые слова:** системы разработки, штрек, полезные ископаемые, разубоживание, доставка руды, подэтажные штреки, отгрузка руды, конвейер, дистанционное управление, руда.

### Денгейден тыс дрейфтері бар тау-кен жүйелері жағдайында кенді жеткізу және тиеу процестерін талдау

**Андатпа.** Мақала технологиялық процесті қашықтықтан басқаруды ескере отырып, қабаттық қуақаздармен өңдеу жүйесімен жерасты өндіру жағдайында кенді жеткізу мен жөнелтуді талдауға арналған. Талдау қашықтықтан басқару жүйелерімен жабдықталған тиеу-жеткізу машиналарын қолданудың маңыздылығын көрсетті. Кенді жеткізу және жөнелту мәселесін толығырақ зерттеу үшін Нұрказган кен орнының Батыс учаскесінің қорлары тандалды. Салыстыру үшін Ертіс кеніші бойынша деректер келтірілген. Кен орнының Батыс учаскесінің тау-кен техникалық жағдайлары бойынша, сондай-ақ талдауға сәйкес қабаттық құлатуды игеру жүйесінің нұсқалары және қабаттық қуақаздардың кейіннен кентіректерді қазып алу мен құлатумен жүйесі неғұрлым қолайлы болып табылады.

**Түйінді сөздер:** игеру жүйелері, штрек, пайдалы қазбалар, құнарсыздандыру, кенді жеткізу, кенді жөнелту, төменгі қабатты штректтер, конвейер, қашықтықтан басқару, кен.

### Analysis of delivery and shipment processes of ore in conditions sub-storey drilling systems

**Abstract.** The article is devoted to the analysis of the delivery and shipment of ore in the conditions of underground mining by the system of mining by sublevel drifts, taking into account the remote control of the technological process. The analysis showed the advantages of using loading and delivery machines equipped with remote control systems. For a detailed study of the issue of delivery and shipment of ore, the reserves of the Western section of the Nurkazgan deposit were selected, for comparison, data on the Irtysh mine are given. According to the mining conditions of the Western section of the deposit, as well as in accordance with the analysis, the options for the development of sublevel caving and the system of sublevel drifts with subsequent excavation of pillars and caving are the most acceptable.

**Key words:** development systems, shaft, minerals, dilution, ore delivery, ore shipment, sub-storey drifts, conveyor, remote control, ore.

### Введение

Подземные работы по освоению ресурсов недр, в отличие от работ на земной поверхности, ведутся в сложной, слабо изученной, постоянно меняющейся и потенциально опасной среде, каковой является массив горных пород. Выбор наиболее эффективной системы разработки и ее параметров производится с учетом следующих факторов и требований: горнотехнические условия месторождения<sup>1</sup>; безопасность ведения горных работ; механизация технологических процессов; обеспечение минимальных потерь и разубоживания при добыче<sup>2</sup>; наиболее полная выемка запасов; экономическая эффективность разработки, а также технологические параметры погрузочно-доставочных работ.

Для опытно-промышленных работ предложен вариант системы подэтажных штреков с последующей выемкой целиков и обрушением [1], как наиболее экономически выгодный. Вариант системы разработки подэтажных штреков может быть опробован при отработке верхних горизонтов месторождения. Система подэтажного обрушения характеризуется сравнительно высокими потерями и разубоживанием отбитой руды при выпуске в зажиме обрушенных пород, однако можно достичь

значительного улучшения показателей извлечения отбитой руды [2] путем придания формы очистного забоя, соответствующей эллипсоиду выпуска руды. Таким образом, наиболее приемлемым вариантом принимается система разработки подэтажного обрушения, а система подэтажных штреков с оставлением междублоковых целиков и последующим обрушением принимается как вариант опытно-промышленной отработки верхних горизонтов.

### Методы исследования

Результаты научной работы базируются на следующих методах: анализ практического опыта разработки месторождения Нурказган, Иртышского месторождения и литературных источников, проведение экспериментов в натуральных условиях, численное моделирование процессов доставки и отгрузки руды в условиях систем отработки подэтажными штреками и расчетно-аналитические методы [3, 4].

Погрузочно-доставочные работы (рис. 1) [5] включают в себя следующие технологические процессы:

- доставку отбитой руды из забоя до участковых рудоспусков на рудном горизонте;
- вывоз руды на концентрационном горизонте с рудоспусков до участкового конвейерного транспорта.

<sup>1</sup>Проект отработки запасов Западного участка месторождения Нурказган комбинированным способом. – Караганда ПО «Карагандацветмет», 2016. – Том 1. – Книга 2.

<sup>2</sup>Технико-экономическое обоснование промышленных кондиций на золото-медные руды Западного участка месторождения Нурказган. – Жезказган: ЖезказганНИПИцветмет, 2003.

Во всех этих процессах применяются погрузочно-доставочные машины (ПДМ) с высокой производительностью. Сменная эксплуатационная производительность [8] ПДМ типа TORO-0011E (электрическая) определяется по формуле:

$$P_{см.} = P_{тех.} \times T_{см.} \times K_{исп.}, \text{ т/см,}$$

где  $P_{тех.}$  – техническая производительность ПДМ, т/ч;

$T_{см.}$  – продолжительность смены,  $T_{см.} = 8$  ч;

$K_{исп.}$  – коэффициент использования ПДМ во времени,  $K_{исп.} = 0,8$ .

Имеется прямая зависимость часовой производительности от расстояния доставки при использовании аналогичных типов машин. Количество ПДМ для обеспечения заданной производительности рудника определяется по формуле:

$$N_{ПДМ} = A_{см.} / P_{см.},$$

где  $A_{см.}$  – сменная производительность рудника,  $A_{см.} = 5715$  т/см.

Результаты расчета производительности [7] и необходимое количество ПДМ приведены в табл. 1.

Основным видом подземного транспорта [8] выбраны погрузочно-доставочные машины типа TORO-0011 фирмы Tamrock (Финляндия). ПДМ имеет автономный дизельный ход, снабжена рабочим органом – ковшом емкостью  $10,7 \text{ м}^3$  и конвейером – наиболее перспективным видом транспорта руды. Транспортный уклон, проходимый с поверхности до проектной глубины отработки, снабжается магистральными ленточными конвейерами. Кроме того, транспортный уклон используется для спуска самоходного оборудования в шахту. На концентрационных горизонтах предусмотрена установка участковых ленточных конвейеров. Таким образом, обеспечивается поточная транспортировка руды из концентрационных горизонтов до поверхности и далее непосредственно к обогатительной фабрике.

Отличительными преимуществами конвейерного транспорта [9] по сравнению с традиционными видами (электровозы или автосамосвалы) являются:

- высокая производительность по транспортировке руды на дальние расстояния (более 10 км) и со значительным перепадом высот;
- надежность в работе и продолжительный срок службы механизмов и оборудования;
- поточность транспорта руды, что позволяет перейти на автоматизированную систему управления технологическими процессами;
- возможность монтажа линий магистральных конвейеров секциями по мере понижения горных работ.

Примером успешного освоения конвейерного транспорта является переход выработок концентрационного горизонта –140 м шахты 67 Жезказганского горно-металлургического комбината, служащих для электровозной откатки руды, на транспортирование руды ленточными конвейерами. На вновь введенных в эксплуатацию подземных рудниках ТОО «Корпорации Казахмыс» (Артемьевский и рудник Жаман-Айбат) автосамосвальный транспорт руды [10] заменен на транспорт руды ленточными конвейерами. Кроме того, конвейерный транспорт предусмотрен при вскрытии нижних горизонтов Анненского рудника Жезказганского месторождения и Жиландинской группы.

Таблица 1

**Производительность и необходимое количество ПДМ**

Кесте 1

**Тиеу-жеткізу машиналарының өнімділігі және қажетті саны**

Table 1

**Productivity and the required number of loading and delivery machines**

Показатели	Места работы ПДМ	
	рудный горизонт	концентрационный горизонт
Среднее расстояние доставки руды, м	300	200
Техническая производительность, т/ч	250	360
Сменная производительность, т/см	1600	2300
Необходимое количество машин, шт.	4	3

Выдача руды на поверхность осуществляется конвейерным транспортом, состоящим из магистральных и участковых конвейерных линий различной длины и высоты подъема. Для загрузки рудой конвейерных линий предусмотрены передвижные дробильно-перегрузочные установки с щековой дробилкой С-125 фирмы «Метсо-Минералз». Так как крупность выхода продукции равна 300 мм, то с учетом размеров трех кусков принимаем ширину конвейерной ленты 1200 мм.

Конвейерные и участковые штреки запроектированы совмещенными, в них конвейеры располагаются на площадках на определенной высоте, позволяющей проезд под ней автотранспорта для доставки оборудования и других материалов, необходимых при монтаже и ремонте технологического оборудования, а также для уборки просыпи и выдачи породы на поверхность.



**Рис. 1. Процесс погрузки руды.  
Сурет 1. Кенді тиеу процесі.  
Figure 1. Ore shipment process.**

По всей длине конвейерных штреков через каждые 100 м предусмотрены выработки для устройства вертикальных лестниц для обслуживания конвейеров и аварийного выхода обслуживающего персонала.

Доставка руды к передвижным дробильным установкам осуществляется погрузочно-доставочными машинами. Мобильные дробильно-перегрузочные установки размещаются на площадках уступа, выполненных при минимальных объемах горно-подготовительных работ, без строительства подпорных стенок.

Добытая руда конвейерами доставляется на поверхность и размещается в определенных местах, откуда по мере необходимости направляется на склад руды или на обогатительную фабрику.

На стадии I очереди отработки работает первый магистральный конвейер длиной 1906 м и два участковых конвейера длиной, соответственно, 515 м и 355 м. Загрузка первого и второго участковых конвейеров производится посредством передвижной мобильной установки С-125 фирмы «Метсо-Минералз».

При выдаче руды с нижних горизонтов (II и III очереди отработки) в работе задействованы магистральные конвейеры №2, №3, №4, №5, длины их составляют 767 м, 959 м, 1289 м, 520 м, а также участковые конвейеры №3, №4, длины которых равны, соответственно, 295 м, 169 м, совместно с мобильными дробильными установками С-125 фирмы «Метсо-Минералз».

Мировой опыт эффективной отработки полиметаллических месторождений [11] обосновывает практичность системы управления подземными работами с автоматическим управлением загрузки, доставки и учет руды и породы на поверхность. Так, компания Caterpillar разработала технологию для горнодобывающей отрасли под названием MineStar R1700. Важным элементом системы, занятым в подземных горных работах, является система управления подземными работами Command. Данное высокотехнологичное решение позволяет поэтапно достичь полной автоматизации. Применение этой системы управления позволило значительно повысить производительность работ, выполняя гораздо больше функций, чем просто сокращение воздействия опасных условий на операторов. С помощью новой эргономичной панели управления персонал может управлять парком погрузочно-доставочных машин с безопасного рабочего места как под землей, так и на поверхности. Система управления подземными работами позволяет модернизировать механизм доставки руды следующим образом:

- повышенный комфорт и безопасность позволяют повысить уверенность и продуктивность работы операторов;
- безопасность повышается путем помещения оператора в эргономичную и изолированную рабочую среду, где он может поддерживать высокие показатели производительности; отсюда оператор может управлять одной или несколькими машинами в зависимости от выбранной системы;
- система навигации помогает полностью исключить повреждения от ударов о стены туннеля и следующие за этим простои;

- смена оператора машины не вызывает никаких затруднений – оператору просто необходимо будет встать с рабочего места и передать управление панелью другому оператору. Оператору погрузочно-доставочной машины не требуется занимать место в подъемнике или терять время на поиски машины в шахте.

#### Результаты

Благодаря модели R1700 система MineStar и система управления подземными работами Command теперь готовы к переходу на новый более продвинутый этап – полную автоматизацию. Упрощение внедрения данной новой технологии управления подземными работами достигается оборудованием машин автоматическими системами на заводе-изготовителе.

Модель R1700 является первой погрузочно-доставочной машиной Cat, в которой реализованы высокотехнологичные решения:

- дистанционное управление из зоны прямой видимости – при помощи модернизированного пульта дистанционного управления;
- дистанционное управление при помощи дисплеев и панели – оператор находится вне поля зрения машины;
- навигация – средство дистанционного управления, не полагающееся на оператора во избежание столкновения со стенами туннеля;
- система Co-Pilot (второй пилот) – требует от оператора только установки направления движения машины (передний или задний ход), автоматическое рулевое управление осуществляется с помощью навигации.

#### Обсуждение результатов

Полностью автоматизированная работа модели R1700 становится возможной с добавлением трех новых органов управления:

- *Auto Pilot* (автопилот) контролирует процесс откатки машины без каких-либо команд со стороны оператора между точками загрузки и разгрузки;
- *Auto Dump* (автоматическая разгрузка) позволяет машине выполнять разгрузку в определенную конструкцию/самосвал без вмешательства оператора;
- *Auto Dig* (автоматическое копанье) представляет собой функцию автоматизированного копанья и загрузки ковша, доступную на модели R1700.

#### Заключение

В научной статье впервые дан анализ решения актуальной задачи по совершенствованию технологии доставки и отгрузки руды в условиях систем отработки поэтажными штреками.

Модель R1700 отличается более высокой скоростью откатки при работе в автоматическом режиме, позволяя сократить продолжительность рабочего цикла и повысить производительность.

Достоинствами применения погрузочно-доставочных машин, оснащенных системами дистанционного управления, являются:

- повышение уровня безопасности;
- полнота выемки отбитой горной массы, то есть полнота отработки запасов;
- повышение себестоимости за счет уменьшения потерь полезного ископаемого.



## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Барбиков Д.В., Андрейко С.С., Иванов О.В., Бобров Д.А. Оценка газодинамических характеристик горных пород Краснослободского разлома. // Горный журнал. – М.: Руда и металлы, 2018. – №8. – С. 38-42 (на русском языке)
2. Duzhnikova Ye.V., Kryazheva T.V., Toleubek K.Ye. Результаты исследований Коктасжалского рудного поля (Центральный Казахстан). // Научный вестник Национального горного университета. – 2020. – №3. – С. 5-12 (на английском языке)
3. Baykenzhin M., Asanova Z., Rashid Z., Kasimov A., Ivadilinova D., Zhunis G. Моделирование влияния усилителей канатного профиля на несущую способность арочной опоры. // Разработка месторождений полезных ископаемых. – 2022. – №16(1). – С. 84-91 (на английском языке)
4. Shustov O.O., Pavlyuchenko A.V., Bielov O.P., Adamchuk A.A., Borysovska O.O. Расчет коэффициента вскрыши методом финансово-математических осредненных затрат. // Научный вестник Национального горного университета. – 2021. – №5. – С. 30-36 (на английском языке)
5. Whitworth A.J., Forbes E., Verster I., Jokovic V., Awatey B., Parbhakar-Fox A. Обзор достижений в области технологий переработки полезных ископаемых, пригодных для извлечения важнейших металлов из отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности. // Чистая инженерия и технологии. – 2022. – Вып. 7. – С. 100451 (16 с.) (на английском языке)
6. Loow J. Понимание технологий в горнодобывающей промышленности и их влияние на рабочую среду. – Экономика полезных ископаемых. – 2022. – №35. – С. 143-154 (на английском языке)
7. Nyoni W., Pillay M., Rubin M., Jefferies M. Связь между организационными факторами и остаточным риском в горнодобывающей промышленности: протокол обновления систематического обзора. // Международный журнал по охране труда и окружающей среды. – 2019. – №3(2). – С. 29-37 (на английском языке)
8. Кулжабаева Д.С., Ивадилинова Д.Т. Анализ применения системы разработки подэтажными штреками на рудниках ТОО «Корпорация Казахмыс». // Труды Международной научно-практической конференции «Интеграция науки, образования и производства – основа реализации Плана нации» (Сагиновские чтения №14). – 2022. – Ч. 2. – С. 24-26 (на русском языке)
9. Boslovyak P.V., Lagerev A.V. Оптимизация затрат на конвейерный транспорт. // IFAC PapersOnLine. – 2019. – №52(25). – С. 397-402 (на английском языке)
10. Pavlenko O., Dun S., Kharkov O., Puzyr R., Snapko V. Анализ напряженного состояния опоры гидроцилиндра подъемного механизма четырехосного самосвала. // Процедура транспортных исследований. – 2022. – Вып. 63. – С. 347-359 (на английском языке)
11. Siani M.Gh., Mehrabi B., Nazarian M., Loft M., Corfu F. Геология и генезис полиметаллического месторождения Чомалу, Северо-Западный Иран. // Обзоры рудной геологии. – 2022. – Вып. 143. – С. 104763 (15 с.) (на английском языке)

## ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Барбиков Д.В., Андрейко С.С., Иванов О.В., Бобров Д.А. Краснослободск ақауларының тау жыныстарының газодинамикалық сипаттамаларын бағалау. // Тау-кен журналы. – М.: Кен және металдар, 2018. – №8. – Б. 38-42 (орыс тілінде)
2. Duzhnikova Ye.V., Kryazheva T.V., Toleubek K.Ye. Көктасжал кен орны (Орталық Қазақстан) зерттеу нәтижелері. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2020. – №3. – Б. 5-12 (ағылшын тілінде)
3. Baykenzhin M., Asanova Z., Rashid Z., Kasimov A., Ivadilinova D., Zhunis G. Арқанды профильді күшейткіштердің доғалы тіректің көтергіштігіне әсерін модельдеу. // Пайдалы қазбалар кен орындарын өндіру. – 2022. – №16(1). – Б. 84-91 (ағылшын тілінде)
4. Shustov O.O., Pavlyuchenko A.V., Bielov O.P., Adamchuk A.A., Borysovska O.O. Қаржылық-математикалық орташаланған шығындар әдісімен артық жүктеме

- коэффициентін есептеу. // Ұлттық тау-кен университетінің ғылыми хабаршысы. – 2021. – №5. – Б. 30-36 (ағылшын тілінде)
5. Whitworth A.J., Forbes E., Verster I., Jokovic V., Awatey B., Parbhakar-Fox A. Тау-кен және өңдеу қалдықтарынан металлды маңызды түрде алу үшін қолайлы минералды өңдеу технологияларындағы жетістіктерге шолу. // Таза инженерия және технология. – 2022. – Шығ. 7. – Б. 100451 (16 б.) (ағылшын тілінде)
  6. Loow J. Тау-кен өндірісіндегі технологияны және оның жұмыс ортасына әсерін түсіну. // Пайдалы қазбалардың экономикасы. – 2022. – №35. – С. 143-154 (ағылшын тілінде)
  7. Nyoni W., Pillay M., Rubin M., Jefferies M. Тау-кен өнеркәсібіндегі ұйымдық факторлар мен қалдық тәуекел арасындағы байланыс: Жүйелі шолуды жаңарту хаттамасы. – Еңбек және қоршаған ортаны қорғау халықаралық журналы. – 2019. – №3(2). – Б. 29-37 (ағылшын тілінде)
  8. Кулжабаева Д.С., Ивадилина Д.Т. «Қазақмыс корпорациясы» ЖШС кеніштерінде қабаттық қуақаздармен қазу жүйесін қолдануды талдау. // «Ғылым, білім және өндіріс интеграциясы – Ұлт жоспарын жүзеге асырудың негізі»: Халықаралық ғылыми-практикалық конференциясының еңбектері (Сағынов оқулары №14). – 2022. – Бол. 2. – Б. 24-26 (орыс тілінде)
  9. Boslovyak P.V., Lagerev A.V. Конвейерді тасымалдау құнын оңтайландыру. // IFAC PapersOnLine. – 2019. – №52(25). – С. 397-402 (ағылшын тілінде)
  10. Pavlenko O., Dun S., Kharkov O., Puzyr R., Snapko V. Төрт осьті автосамосвалдың көтеру механизмінің гидравликалық цилиндр тірегінің кернеу жағдайын талдау. // Көлікті зерттеу процедурасы. – 2022. – Шығ. 63. – Б. 347-359 (ағылшын тілінде)
  11. Siani M.Gh., Mehrabi B., Nazarian M., Loft M., Corfu F. Чомалу полиметалл кен орнының геологиясы мен генезисі, Солтүстік Батыс Иран. // Кен геологиясына шолулар. – 2022. – Шығ. 143. – Б. 104763 (15 б.) (ағылшын тілінде)

## REFERENCES

1. Barbikov D.V., Andreiko S.S., Ivanov O.V., Bobrov D.A. Ocenka gazodinamicheskix karakteristik gornyx porod Krasnoslobodskogo razloma [Estimation of gas-dynamic characteristics of rocks of the Krasnoslobodsky fault]. // Gornyj zhurnal = Mining Journal. – M.: Ruda i metally = Ore and Metals, 2018. – №8. – P. 38-42 (in Russian)
2. Duzhnikova Ye.V., Kryazheva T.V., Toleubek K.Ye. Koktaszhal ore field (Central Kazakhstan) research results. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2020. – №3. – P. 5-12 (in English)
3. Baykenzhin M., Asanova Z., Rashid Z., Kasimov A., Ivadilina D., Zhunis G. Modeling the effect of rope profile amplifiers on the bearing capacity of an arched support. // Mining of Mineral Deposits. – 2022. – №16(1). – P. 84-91 (in English)
4. Shustov O.O., Pavlychenko A.V., Bielov O.P., Adamchuk A.A., Borysovska O.O. Calculation of the overburden ratio by the method of financial and mathematical averaged costs. // Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu. – 2021. – №5. – P. 30-36 (in English)
5. Whitworth A.J., Forbes E., Verster I., Jokovic V., Awatey B., Parbhakar-Fox A. Review on advances in mineral processing technologies suitable for critical metal recovery from mining and processing wastes. // Cleaner Engineering and Technology. – 2022. – Vol. 7. – P. 100451 (16 p.) (in English)
6. Loow J. Understanding technology in mining and its effect on the work environment. – Mineral Economics. – 2022. – №35. – P. 143-154 (in English)
7. Nyoni W., Pillay M., Rubin M., Jefferies M. The relationship between organizational factors and residual risk in the mining industry: A protocol for updating a systematic review. // International Journal of Occupational and Environmental Safety. – 2019. – №3(2). – Б. 29-37 (in English)
8. Kulzhabaeva D.S., Ivadilina D.T. Analiz primeneniya sistemy razrabotki pode'tazhnyimi shtrekami na rudnikax TOO «Korporaciya Kazaxmys» [Analysis of the application of the development system by sublevel drifts at the mines of «Kazakhmys Corporation» LLP]. // Trudy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Integraciya nauki, obrazovaniya i proizvodstva – osnova realizacii Plana

*nacii» (Saginovskie chteniya №14) = Proceedings of the International Scientific and Practical Conference «Integration of Science, Education and Production – the Basis for the Implementation of the Plan of the Nation» (Saginov Readings №14). – 2022. – Part 2. – P. 24-26 (in Russian)*

9. *Boslovyak P.V., Lagerev A.V. Optimization of the conveyor transport cost. // IFAC PapersOnLine. – 2019. – №52(25). – P. 397-402 (in English)*
10. *Pavlenko O., Dun S., Kharkov O., Puzyr R., Snapko V. Analysis of the stress state of the 4-axle dump truck lifting mechanism hydraulic cylinder support. // Transportation Research Procedia. – 2022. – Vol. 63. – P. 347-359 (in English)*
11. *Siani M.Gh., Mehrabi B., Nazarian M., Loft M., Corfu F. Geology and genesis of the Chomalu polymetallic deposit, NW Iran. // Ore Geology Reviews. – 2022. – Vol. 143. – P. 104763 (15 p.) (in English)*

#### Сведения об авторах:

**Ивадилинова Д.Т.**, PhD, и.о. доцента кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [dinulb@mail.ru](mailto:dinulb@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-9731-0587>

**Кулжабаева Д.С.**, магистрант кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [dikoshaa\\_86@mail.ru](mailto:dikoshaa_86@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0001-8053-3357>

**Мустафин С.А.**, главный технолог Товарищества с ограниченной ответственностью «Альянс Недрапроект» (г. Караганда, Казахстан), [sakenm@mail.ru](mailto:sakenm@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0002-3811-990X>

**Хусан Б.**, старший преподаватель кафедры «Разработка месторождений полезных ископаемых» Некоммерческого акционерного общества «Карагандинский технический университет им. Абылкаса Сагинова» (г. Караганда, Казахстан), [hbolat@mail.ru](mailto:hbolat@mail.ru); <https://orcid.org/0000-0003-0996-348X>

#### Авторлар туралы мәліметтер:

**Ивадилинова Д.Т.**, PhD, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының доцент м.а. (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Кулжабаева Д.С.**, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының магистранты (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Мустафин С.А.**, «Альянс Недрапроект» жауапкершілігі шектеулі серіктестігінің бас технологы (Қарағанды қ., Қазақстан)

**Хусан Б.**, Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті» коммерциялық емес акционерлік қоғамының, «Пайдалы қазбалар кен орындарын игеру» кафедрасының аға оқытушысы (Қарағанды қ., Қазақстан)

#### Information about the authors:

**Ivadilina D.T.**, PhD, Acting Docent at the Department of Working Out of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Kulzhabaeva D.S.**, Master Student at the Department of Working out of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)

**Mustafin S.A.**, Chief Technologist of the Limited Liability Partnership «Alliance Nedraproekt» (Karaganda, Kazakhstan)

**Bolatkhan H.**, Senior Lecturer at the Department of Working Out of Mineral Deposits of the Non-Profit Joint Stock Company «Karaganda Technical University named after Abylkas Saginov» (Karaganda, Kazakhstan)