

## Автотехника для строительства транспортных коридоров

П.И. Тарасов<sup>1</sup>✉, М.Л. Хазин<sup>2</sup>, А.П. Тарасов<sup>1</sup>, П.Л. Мариев<sup>3</sup>

<sup>1</sup> ООО «Перспектива-М», г. Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

<sup>3</sup> независимый исследователь, г. Минск, Республика Беларусь

✉tp6005@mail.ru

**Резюме:** Цель работы: анализ перспектив автотехники для строительства транспортных коридоров и развития транспортной инфраструктуры арктических и северных территорий России. Методология проведения исследования: анализ существующей карьерной и дорожно-строительной автотехники, позволяющей проводить строительство транспортных коридоров в арктических и северных территориях России в условиях слабонесущих грунтов и бездорожья. Результаты: Для строительства транспортных коридоров в условиях арктических и северных территорий России предлагается разработать новые виды транспортных средств на базе автотехники БелАЗ для слабонесущих грунтов. Для производства и внедрения новых видов транспортных средств, прежде всего гусеничных транспортеров, троллейбусов, автомобилей и автопоездов, авторы предлагают организовать лизинг патентов и организовать встречу с возможными пользователями патентов для обсуждения предполагаемых путей финансирования и реализации новых видов техники. Выводы: предлагаемые новые виды транспорта позволят осуществить строительство транспортных коридоров в арктических и северных территориях России.

**Ключевые слова:** карьерный автосамосвал, дорожно-строительный автосамосвал, гусеничный транспортер, автопоезд, открытые горные работы, дизельное топливо, экология

**Для цитирования:** Тарасов П.И., Хазин М.Л., Тарасов А.П., Мариев П.Л. Автотехника для строительства транспортных коридоров. Горная промышленность. 2020;(6):132–136. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-132-136.

## Automotive Equipment for Construction of Transport Corridors

P.I. Tarasov<sup>1</sup>✉, M.L. Khazin<sup>2</sup>, A.P. Tarasov<sup>1</sup>, P.L. Mariev<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Perspektiva-M LLC, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation

<sup>3</sup> independent researcher, Minsk, Republic of Belarus

✉tp6005@mail.ru

**Abstract:** Research objective: analysis of potential application of automotive equipment in construction of transport corridors and development of transport infrastructure in the Arctic and Northern Territories of Russia. Research methodology: analysis of existing open-pit and road construction equipment that enables the construction of transport corridors in the Arctic and Northern Territories of Russia in conditions of weak soils and lack of proper roads. Research results: For the construction of transport corridors in the Arctic and Northern Territories of Russia, it is proposed to develop new types of vehicles based on BelAZ automotive equipment for soils with low carrying capacity. In order to manufacture and introduce new types of vehicles, especially tracked transport vehicles, trackless trolley trucks, cars and road trains, the authors suggest leasing of patents and arranging meetings with possible patent holders to discuss ways of financing and marketing new types of equipment. Conclusions: the proposed new types of vehicles will make it possible to build transport corridors in the Arctic and Northern Territories of Russia.

**Keywords:** open-pit dump truck, road construction dump truck, tracked transport vehicle, road train, surface mining, diesel fuel, ecology

**For citation:** Tarasov P.I., Khazin M.L., Tarasov A.P., Mariev P.L. Automotive Equipment for Construction of Transport Corridors. Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry. 2020;(6):132–136. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-6-132-136.

**Введение**

Транспортный комплекс во все времена играл и играет ключевую роль в социально-экономическом развитии, выполняя связующую и мультипликационную функцию пространственного освоения и выступая катализатором прогресса. В современных геоэкономических условиях развитие территорий арктической зоны Российской Федерации должно основываться на усилении экономического и геополитического присутствия государства в данном регионе, на развитии экспортного и транзитного потенциала, повышении конкурентоспособности и национальной безопасности экономики. Дальнейшее экономическое развитие России в XXI в. невозможно без расширенного освоения Арктики, но на новой качественной основе с соблюдением экологических приоритетов в связи с ее природно-климатическими особенностями, так как эта зона наиболее уязвима к различным видам загрязнений [1].

Основным фактором, препятствующим освоению региона, является технологическое и структурное отставание в развитии транспортной инфраструктуры и ее неравномерное распределение в арктических регионах России [2; 3]. Во многом это связано с особенностями погодно-климатических условий как России, так и других приарктических стран – экстремально низкие температуры, сильный снегопад, ветры и их взаимодействия [4], что значительно усложняет работу всех видов транспортных средств. Недостаточно развитая транспортная инфраструктура арктических территорий всех северных стран значительно затрудняет доставку грузов населению и запасных частей для промышленного оборудования [5].

Поэтому масштабному хозяйственному освоению Севера и арктической зоны России должно предшествовать создание современной транспортной инфраструктуры, формирование которой даст импульс к ускоренному и эффективному освоению тысяч крупных месторождений полезных ископаемых в арктических и северных территориях России [6].

**Исследование и анализ проблемы**

Создание современной транспортной инфраструктуры означает строительство новых транспортных магистралей. В процессе сооружения грунтовых насыпей предстоит переместить миллионы тонн грунта. Производительность предстоящих производственных процессов, трудоемкость и стоимость строительства определяются средствами транспорта и уровнем механизации работ.

Строительство транспортных магистралей является наиболее материалоемкой областью по использованию нерудных материалов и связано с перемещением значительных объемов земляной массы. Кроме того, стоимость выполнения земляных работ достаточно существенна, поэтому правильный выбор метода и средств механизации этих работ является необходимым условием их успешного выполнения.

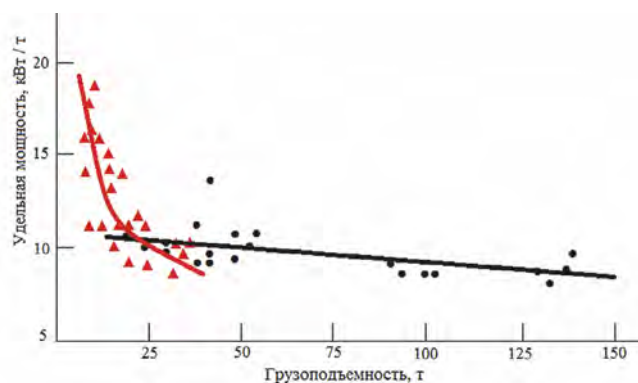
При всем своем разнообразии вскрышные, карьерные и земляные работы состоят из одинаковых многократно повторяющихся операций: копания земляной (горной) массы, ее погрузке и транспортировании, выгрузке в отвал или укладке. Вследствие этого для производства вскрышных, карьерных и земляных работ используется однотипная техника: экскаваторы, бульдозеры, скреперы, автогрейдеры и автосамосвалы. Эта техника применяется в сельском хозяйстве, горной промышленности, при строительстве плотин и создании коммуникаций [7].

Особенностью строительства новых транспортных магистралей является то, что строительство будет осуществляться в условиях бездорожья, когда обычные дорожно-строительные автосамосвалы не могут использоваться. В таких условиях возможно использование только специализированной и внедорожной техники.

**Результаты**

Классические карьерные самосвалы предназначены для вывоза горной массы от глубоких экскаваторных забоев по дорогам с крутыми (до 20–25 %) подъемами (съездами), доля которых обычно составляет 70–85 % всего маршрута. Карьерный самосвал практически выполняет челночные рейсы на коротких расстояниях: забой карьера – приемный бункер обогатительной фабрики на борту карьера или промежуточный перегрузочный склад. Вследствие этого мощность двигателя карьерного самосвала, как правило, вдвое больше мощности, достаточной для перевозок по равнинным дорогам (рис. 1).

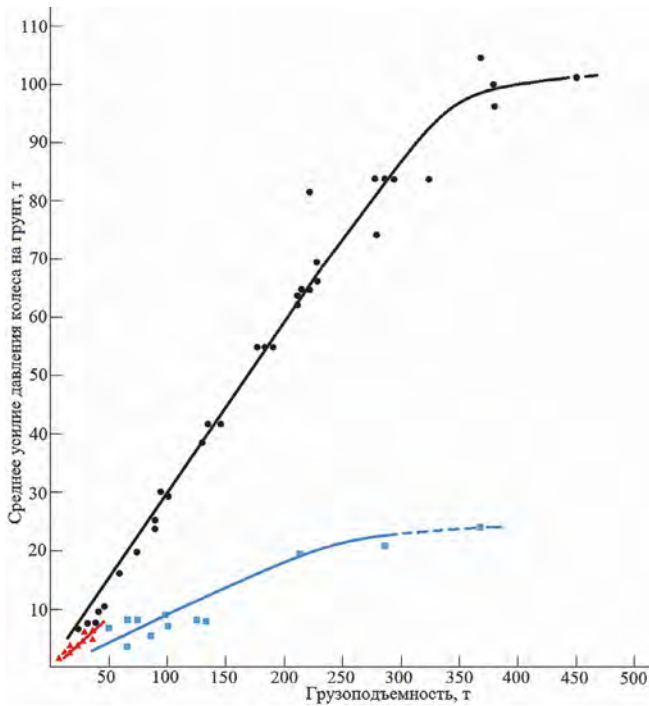
Достоинствами карьерного автотранспорта являются: большая грузоподъемность, высокая проходимость и возможность эксплуатации в самых разнообразных климатических, горно-геологических и дорожных условиях по дорогам со сложно-переменным профилем и большим числом крутых поворотов, по временным дорогам с плохим покрытием. Недостатком карьерного автотранспорта являются небольшие расстояния перевозки – от 1 до 5 км. Движение карьерных самосвалов по обычным дорогам недопустимо из-за больших осевых нагрузок и удельных давлений колес на поверхность дороги (рис. 2).



**Рис. 1**  
Зависимость удельной мощности для дорожно-строительных (▲) и карьерных (●) автосамосвалов

**Fig. 1**  
Correlation of power-to-weight ratio of road construction (▲) and open-pit (●) dump trucks

Дорожно-строительные автосамосвалы грузоподъемностью от 20 до 33 т широко и успешно используются для транспортирования земляной и горной массы в небольших строительных и угольных карьерах с подготовленными технологическими дорогами, а также при строительстве крупных ирригационных сооружений. Наибольшее распространение из них получили автосамосвалы на базе шасси грузовых автомобилей ЗИЛ, ГАЗ и КамАЗ, отличающиеся уменьшенной длиной, укороченной базой, формой грузового кузова, наличием подъемного механизма и надрамника грузового кузова. Достоинством дорожно-строительных автосамосвалов является возможность транспортирования грузов на большие расстояния, недостатком – низкая проходимость по бездорожью и пересеченной местности. В условиях транспортировки значительных



**Рис. 2**  
Зависимость среднего давления колеса на грунт для дорожно-строительных (▲), карьерных (●) автосамосвалов и автопоездов (■)

**Fig. 2**  
Correlation of average wheel ground pressure of road construction (▲), open-pit (●) dump trucks and road trains (■)

объемов горной (земляной) массы в условиях практического отсутствия дорог по достаточно равнинной местности использовать классические карьерные автосамосвалы экономически нецелесообразно, а дорожно-строительные – технически невозможно.

При строительстве транспортных коридоров из пустых пород отвалов, подразумевается разработка трех новых видов транспорта:

- 1) принципиально новые карьерные транспортные средства, позволяющие повысить производительность и экономичность горных работ;
- 2) принципиально новое горнотранспортное оборудование, например, с повышенной грузоподъемностью автопоездов до 300–400 т и более, с повышенной мощностью энергосиловых установок за счет использования других энергоносителей (электроэнергии, газа и др.);
- 3) разработка на базе большегрузного карьерного транспорта дорожно-строительной техники, позволяющей строить многослойные авто- и железные дороги высотой до 10 м (а в исключительных случаях и более).

При строительстве транспортных магистралей и, по возможности, сохранении экологии окружающей среды большое значение приобретает снижение себестоимости транспортирования земляной массы за счет сокращения расхода горюче-смазочных материалов, затраты на которые составляют 15–25 % общих затрат на эксплуатацию мощного внедорожного автотранспорта.

Для карьерного транспорта в основном используются дизельные двигатели, эксплуатация которых имеет известные проблемы [8]:

- 1) низкую скорость в грузовом направлении;
- 2) задымленность рабочей атмосферы карьера;
- 3) значительный расход дорогого дизельного топлива;
- 4) вредное воздействие выхлопных газов на здоровье людей;

5) большие затраты на хранение и транспортировку дизельного топлива в удаленные северные и арктические территории России.

Современная карьерная автотехника позволяет транспортировать горную массу на 5–15 км. Для транспортировки значительных объемов горной (земляной) массы на большие расстояния – 140–150 км и до 500 км – следует использовать многозвенные автопоезда (рис. 3) [9].



**Рис. 3**  
Карьерный самосвалный автопоезд FAUN RTST PitHauler

**Fig. 3**  
FAUN RTST PitHauler open-pit tipping road train

Многосекционные сочлененные карьерные автосамосвалы (автопоезда) имеют ряд важных преимуществ перед классическими двухосными тяжелыми машинами – это более гибкое использование с возможностью транспортировки горной массы на дальние расстояния с высокой средней скоростью. Грузоподъемность такого карьерного автосамосвала может регулироваться по требованию, с помощью подключения дополнительных самосвальных секций и даже путем сцепки дополнительного тягового агрегата, что позволяет наращивать грузоподъемность автопоезда до 200, 250 и 300 т полезной нагрузки.

Характерный для автопоездов принцип движения «коле-со-в-колесо» и применение специальных устройств гарантируют безопасное их движение под уклон, исключающий риск складывания прицепной части состава.

Следует особо отметить, что при движении колесного транспорта по слабонесущим грунтам значительное влияние на его скорость оказывает давление оси транспорта на грунт (см. рис. 2). И в этом плане использование автопоездов предпочтительнее, чем тяжелых жесткорамных самосвалов такой же грузоподъемности.

Кроме того, необходимо учитывать режим нагрузок на транспортные средства при разработке месторождений, обусловленный чередованием движения автомобиля в карьере под уклон и на подъем и по горизонтальным участкам после выезда из карьера. На каждом участке пути его движения требуется соответствующая мощность двигателя. Поэтому в условиях Арктики чередование подъемов и спусков с горизонтальными участками на трассах движения груженого и порожнего автомобилей предъявляет самые жесткие требования к прочности конструкции и надежности узлов и силовых агрегатов. Эти задачи успешно решаются при использовании автопоездов с «активными» осями, которые включаются в работу при возникновении необходимости повышения мощности двигателя автомобиля.

Не менее важную роль играет конструктивная особенность многозвенных автопоездов, состоящая в применении однотипных или унифицированных элементов в каждом звене.

Строительство постоянных автодорог для эксплуатации автопоездов позволит также обеспечить снижение стоимо-

сти и круглогодичность доставки оборудования и материалов на промышленную площадку карьера по сравнению с сезонной переброской по зимникам или вертолетами [9].

Положительный опыт эксплуатации многозвенных автопоездов Scania был получен в Удачинском ГОКе. Установлено [10], что работа автосамосвалов в составе карьерных автопоездов позволяет повысить эффективность работы автомобильного транспорта, значительно сократить протяженность трассы, уменьшить объем горно-капитальных работ и их стоимость, уменьшить капитальные затраты на транспорт и его эксплуатацию, улучшить экологическую обстановку в карьерах, а также увеличить глубину обработки карьера и отказаться от подземной разработки нижних горизонтов месторождения.

Многозвенные автопоезда могут принять активное участие в строительстве опытно-промышленных участков дорог. Двухгодичный опыт эксплуатации самосвалов Тонар-7502 в компании АЛРОСА на перевозке алмазосодержащей руды с плечом от 50 до 180 км (Верхне-Мунское месторождение) подтвердил возможность использования автопоездов для транспортировки горной массы на значительные расстояния при средней скорости 50–60 км/ч<sup>1</sup>.

Для реального воплощения технологии возведения дорог из щебня, полученного при «разборке» старых отвалов, предстоит дополнительно освоить производство ряда специальных машин: автономных экскаваторов в северном исполнении, высокопроизводительных и мобильных дробильно-сортировочных комплексов, буровзрывных устройств. Предполагается их участие в «разборке» старых отвалов и последующей погрузке щебня на другие виды транспорта. Кроме этого, необходимо развить серийное производство судов на воздушной подушке, снегоболотоходов и других видов техники, обладающих амфибийными характеристиками, которые будут использоваться на ранних стадиях освоения месторождений для перевозки людей и оборудования, когда еще отсутствуют дороги. На следующем этапе, по завершении вскрытия и подготовки месторождения, в карьере можно повсеместно применять многозвенные автопоезда с активными осями. Уже после этого для объединения всех карьеров в единую дорожную сеть в условиях Арктики и северных территорий Западной Якутии станет актуальной задача строительства и использования облегченной железной дороги. В настоящее время эти виды транспорта не имеют аналогов в мировой практике.

При строительстве транспортных коридоров всю дорожно-строительную технику следует изготавливать на базе карьерной техники БелАЗа (погрузчики, отвалобразователи и др.). Например, в Белоруссии изготовлена экспериментальная модель многозвеньевого автопоезда. Под управлением всего одного водителя такой автопоезд может без проблем доставить около 100 т рудной породы

из карьера непосредственно на обогатительную фабрику, даже при условии, что она находится в 500 км<sup>2</sup>.

Авторы на протяжении многих лет разрабатывают карьерный транспорт с учетом этих проблем. К настоящему времени у коллектива имеются новые разработки, которые позволяют уменьшить влияние этих негативных факторов. Имеются патенты на сборочные автосамосвалы, подготовлены патенты на магистральный автотранспорт для перевозки руды до обогатительной фабрики, а также транспорт с различными видами энергопитания.

Разработанные и подготовленные для публикации патенты имеют один существенный недостаток. В создании новой техники участвуют, кроме патентообладателя, как минимум:

- завод-изготовитель отдельных агрегатов;
- завод, осуществляющий общую сборку;
- горное предприятие, которое и получает основную выгоду, но не желает платить за НИР.

Поэтому авторы предлагают организовать лизинг патентов и организовать встречу с возможными пользователями патентов для обсуждения возможных путей финансирования и реализации новых видов техники.

У авторов имеется ряд предложений по коллективному софинансированию производства новых видов техники и внедрению разработанных патентов, которые распространяются прежде всего на гусеничные транспортеры, троллейбусы, автомобили и автопоезда:

- гусеничные транспортеры ГТ-80 и ГТ-100;
- троллейбусы АТ 50 – АТ 300;
- автосамосвалы с удельной мощностью до 8–9 кВт/т;
- карьерные автопоезда грузоподъемностью 600–700 т.

Все это распространяется на карьерный транспорт и транспорт, перевозящий горную массу от карьера до обогатительной фабрики (места доставки) при расстоянии транспортирования до 500 км. Однако, например, Токтомырское месторождение требует перевозки на расстояние до 2000 км.

На некоторых месторождениях Якутии ввиду отсутствия прямой дороги до места доставки горная масса перевозится окольным путем, различными видами транспорта, с неоднократной перегрузкой на расстояния до 5–6 тыс. км.

## Выводы

Для строительства транспортных коридоров в условиях слабонесущих грунтов и бездорожья арктических и северных территорий России предлагается разработать новые виды транспортных средств на базе автотехники БелАЗ. Для производства и внедрения новых видов транспортных средств авторы предлагают организовать лизинг патентов и организовать встречу с возможными пользователями патентов для обсуждения предполагаемых путей финансирования и реализации новых видов техники.

<sup>1</sup> [https://reis.zr.ru/article/avtomobili/gruzoviki/samosvalnyj\\_avtopoezd\\_na\\_shassi\\_volvo\\_fh16\\_8x4/](https://reis.zr.ru/article/avtomobili/gruzoviki/samosvalnyj_avtopoezd_na_shassi_volvo_fh16_8x4/)

<sup>2</sup> <http://www.mirpricepov.ru/modern/statya37.php>

## Список литературы

1. Белый О.В. Комплексные проблемы устойчивого развития транспортного комплекса Арктической зоны Российской Федерации. *Арктика: экология и экономика*. 2014;(3):4–8. Режим доступа: [http://arctica-ac.ru/docs/3\(15\)/004\\_008\\_АРКТИКА\\_3\(15\)\\_09\\_2014.pdf](http://arctica-ac.ru/docs/3(15)/004_008_АРКТИКА_3(15)_09_2014.pdf)
2. Киккас К.Н. Международные транспортные коридоры и Арктика. МИР (*Модернизация. Инновации. Развитие*). 2016;6(3):178–184. Режим доступа: <https://www.mir-nauka.com/jour/article/viewFile/258/262>
3. Воронина Е.П. Транспортное освоение арктических территорий: стратегические задачи и анализ рисков. *Арктика: экология и экономика*. 2017;(3):61–68. DOI: 10.25283/2223-4594-2017-3-61-68.
4. Roh H.J., Sharma S., Sahu P.K. Modeling snow and cold effects for classified highway traffic volumes. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2016;20(4):1514–1525. DOI: 10.1007/s12205-015-0236-0.

5. Ayele Y.Z., Barabadi A., Barabady J. Dynamic spare parts transportation model for Arctic production facility. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 2016;7(1):84–98. DOI: 10.1007/s13198-015-0379-x.
6. Андрианов В.А. Формирование транспортной инфраструктуры российского сектора Арктики в XXI веке. *Арктика и Север*. 2012;9:118–139. Режим доступа: [http://www.arcticandnorth.ru/article\\_index\\_years.php?ELEMENT\\_ID=47260](http://www.arcticandnorth.ru/article_index_years.php?ELEMENT_ID=47260)
7. Перепелкин М.Л., Мокрицкая Н.И., Ельникова Е.А. Состояние и перспективы развития машин для земляных работ. *Горная промышленность*. 2018;(6):70–71. DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-70-71.
8. Хазин М.Л., Тарасов П.И., Фурзиков В.В., Тарасов А.П. Эколого-экономическая оценка использования карьерных самосвалов. *Известия вузов. Горный журнал*. 2018;(7):85–94. DOI: 10.21440/0536-1028-2018-7-85-94.
9. Тарасов П.И., Зырянов И.В., Хазин М.Л. Новые специализированные виды транспортных средств для Арктики. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2018;(3):136–147. DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-136-147.
10. Зырянов И.В., Павлов В.А., Кондратюк А.П., Моряков А.В., Альмяшев Р.К. Опыт промышленной эксплуатации многозвенных автопоездов SCANIA в Удачнинском ГОКе. *Горная промышленность*. 2014;(6):38–40. Режим доступа: <https://mining-media.ru/ru/article/transport/7796-opytno-promyshlennaya-ekspluatatsiya-mnogozvennykh-avtopoezdov-scania-v-udachninskom-goke>

**References**

1. Belyi O.V. Integrated problems of sustainable development of the transport complex in the Russian Arctic. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*. 2014;(3):4–8. (In Russ.) Available at: [http://arctica-ac.ru/docs/3\(15\)/004\\_008\\_ARKTIKA\\_3\(15\)\\_09\\_2014.pdf](http://arctica-ac.ru/docs/3(15)/004_008_ARKTIKA_3(15)_09_2014.pdf)
2. Kikkas K.N. International transport corridors and the Arctic. M.I.R. (*Modernization. Innovation. Research*). 2016;6(3):178–184. (In Russ.) Available at: <https://www.mir-nayka.com/jour/article/viewFile/258/262>
3. Voronina E. P. Transportation development of the Arctic land area: strategic goals and risk analysis. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*. 2017;(3):61–68. (In Russ.) DOI: 10.25283/2223-4594-2017-3-61-68.
4. Roh H.J., Sharma S., Sahu P.K. Modeling snow and cold effects for classified highway traffic volumes. *KSCE Journal of Civil Engineering*. 2016;20(4):1514–1525. DOI: 10.1007/s12205-015-0236-0.
5. Ayele Y.Z., Barabadi A., Barabady J. Dynamic spare parts transportation model for Arctic production facility. *International Journal of System Assurance Engineering and Management*. 2016;7(1):84–98. DOI: 10.1007/s13198-015-0379-x.
6. Andrianov V. A. Formation of the transport infrastructure of the Russian sector of the Arctic in the XXI century. *Arktika i Sever = Arctic and North*. 2012;9:118–139. (In Russ.) Available at: [http://www.arcticandnorth.ru/article\\_index\\_years.php?ELEMENT\\_ID=47260](http://www.arcticandnorth.ru/article_index_years.php?ELEMENT_ID=47260)
7. Perepelkin M.A., Mokritskaya N.I., Elnikova E.A. The state of the art and prospects of earthmoving machinery development. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2018;(6):70–71. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2018-6-142-70-71.
8. Khazin M.L., Tarasov P.I., Furzikov V.V., Tarasov A.P. Ecological and economic evaluation of open pit dump trucks use. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Gornyi zhurnal = News of the Higher Institutions. Mining Journal*. 2018;(7):85–94. (In Russ.) DOI: 10.21440/0536-1028-2018-7-85-94.
9. Tarasov P.I., Zyryanov I.V., Khazin M.L. New special-purpose transport for the Arctic. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2018;(3):136–147. (In Russ.) DOI: 10.25018/0236-1493-2018-3-0-136-147.
10. Zyryanov I.V., Pavlov V.A., Kondratyuk A.P., Moryakov A.V., Al'myashev R.K. Pilot operation of scania long haul trucks at the Udachninsky GOK. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2014;(6):38–40. (In Russ.) Available at: <https://mining-media.ru/ru/article/transport/7796-opytno-promyshlennaya-ekspluatatsiya-mnogozvennykh-avtopoezdov-scania-v-udachninskom-goke>

**Информация об авторе**

**Тарасов Петр Иванович** – кандидат технических наук, заместитель директора по научной работе, ООО «Перспектива-М», действительный член Академии горных наук, г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: [tp6005@mail.ru](mailto:tp6005@mail.ru)

**Хазин Марк Леонтьевич** – доктор технических наук, профессор, Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: [Khasin@ursmu.ru](mailto:Khasin@ursmu.ru)

**Тарасов Александр Петрович** – инженер, ООО «Перспектива-М», действительный член Академии горных наук, г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: [tp6005@mail.ru](mailto:tp6005@mail.ru)

**Мариев Павел Лукьянович** – доктор технических наук, независимый исследователь, г. Минск, Республика Беларусь, e-mail: [mariev@tut.by](mailto:mariev@tut.by)

**Информация о статье**

Поступила в редакцию: 01.10.2020

Поступила после рецензирования: 09.10.2020

Принята к публикации: 15.10.2020

**Information about the author**

**Petr I. Tarasov** – full member of the Russian Academy of Mining, Candidate of Science (Engineering), Deputy Director for Science, ‘Perspektiva-M’ LLC, Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: [tp6005@mail.ru](mailto:tp6005@mail.ru)

**Mark L. Khazin** – Doctor of Engineering, Full Professor, Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: [Khasin@ursmu.ru](mailto:Khasin@ursmu.ru)

**Aleksandr P. Tarasov** – Engineer, ‘Perspektiva-M’ LLC, Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: [tp6005@mail.ru](mailto:tp6005@mail.ru)

**Pavel L. Mariev** – Doctor of Engineering, independent researcher, Minsk, Republic of Belarus, e-mail: [mariev@tut.by](mailto:mariev@tut.by)

**Article info:**

Received: 01.10.2020

Revised: 09.10.2020

Accepted: 15.10.2020