

# Легкая железная дорога как основа развития транспортной инфраструктуры северных территорий России

П.И. Тарасов

ООО «Перспектива-М», г. Екатеринбург, Российская Федерация

✉tp6005@mail.ru

**Резюме:** Цель работы: исследование развития экономики и транспортной инфраструктуры арктических и северных территорий России. Методология проведения исследования: анализ транспортной инфраструктуры Республики Саха (Якутия) и используемых в России видов железных дорог. **Результаты:** развитие экономики любого региона пропорционально развитию дорожно-транспортной инфраструктуры и логистического сектора. При эксплуатации обычной железной дороги в условиях Арктики не всегда возможно обеспечить грузооборот, позволяющий эффективно ее использовать, и очень проблематична перегрузка с одного вида транспорта на другой. Предлагается новый тип железных дорог – легкая железная дорога. **Выводы:** предлагаемый новый вид транспорта позволяет использовать основные преимущества узкоколейных железных дорог (скорость строительства, эффективность и т.д.) и ликвидировать их основной недостаток – необходимость перегрузки при переходе с узкой колеи на обычную, шириной 1520 мм, при значительном сокращении капитальных затрат.

**Ключевые слова:** Арктика, кимберлитовые месторождения, легкая железная дорога, транспортная инфраструктура, малонаселенные территории

**Для цитирования:** Тарасов П.И. Легкая железная дорога как основа развития транспортной инфраструктуры северных территорий России. *Горная промышленность*. 2020;(5):97–101. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-97-101.

## Light Railways as the Basic for Transport Infrastructure Development in Northern Territories of Russia

P.I. Tarasov

Perspektiva-M'LLC, Ekaterinburg, Russian Federation

✉tp6005@mail.ru

**Abstract:** Research objective: studies of economic and transport infrastructure development in the Arctic and Northern Territories of Russia. Research methodology: analysis of transport infrastructure in the Republic of Sakha (Yakutia) and the types of railways used in Russia. Results: economic development of any region is proportional to the development of the road transport infrastructure and logistics. When a conventional railway is operated in the Arctic conditions, it is not always possible to maintain a cargo turnover that would ensure its efficient use, and transshipment from one mode of transport to another is very problematic. A new type of railway is proposed, i.e. a light railway. **Conclusions:** the proposed new type of transport offers all the main advantages of narrow gauge railroads (high speed of construction, efficiency, etc.) and helps to eliminate their main disadvantage, i.e. the need for transloading when moving from a narrow gauge to the conventional one with the width of 1520 mm, along with a significant reduction in capital costs.

**Keywords:** the Arctic, kimberlite deposits, light railways, transport infrastructure, sparsely populated areas

**For citation:** Tarasov P.I. Light Railways as the Basic for Transport Infrastructure Development in Northern Parts of Russia. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(5):97–101. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-97-101.

### Введение

Темпы развития экономики любого региона пропорциональны развитию дорожно-транспортной инфраструктуры и логистического сектора. Качественная транспортная инфраструктура является основой для стимулирования грузопотоков и дальнейшего развития экономики. Поэтому масштабному хозяйственному освоению севера и арктической зоны России должно предшествовать создание транспортной инфраструктуры, характеристики которой влияют на темпы роста реального ВВП российских регионов [1; 2].

Особенностью северных стран и регионов являются сильные снегопады, экстремально низкие температуры, ветры и их взаимодействия [3–5], что существенно усложняет работу всех видов транспортных средств. Недостаточная развитость транспортной инфраструктуры северных и арктических территорий значительно ограничивает возможности их социально-экономического развития. Основными объективными причинами низкого темпа развития транспортной сети являются обширность территории и ощутимая взаимная удаленность населенных пунктов при низкой плотности населения.

**Исследование и анализ проблемы**

Из арктической зоны РФ наиболее промышленно развита территория Западной Якутии, которая представляет собой уникальную территорию по количеству, качеству и разнообразию полезных ископаемых. Здесь официально зарегистрировано 1823 месторождения 58 видов минерального сырья<sup>1</sup>.

Транспортная инфраструктура Республики Саха (Якутия) представлена всеми видами транспорта. Основная особенность транспортной системы республики – слабое развитие наземных коммуникаций (табл. 1). Из 19,6 тыс. км автодорог общего пользования только 6,9 тыс. км имеют твердое покрытие, из них 587 км с усовершенствованным покрытием, остальные 64,8% – это грунтовые дороги и автозимники [6; 7]. Железнодорожный транспорт (165 км) практически отсутствует.

Вследствие этого в зоне круглогодичного транспортного сообщения находится всего 8% территории Якутии, где проживает 16% населения, а 25 районов из 33 не имеют надежной транспортной связи с центром республики и близлежащими районами, то есть более 85% территории республики имеет сезонную транспортную доступность [6; 7].

В связи с этим основной объем грузов в республику перевозится в короткий навигационный период речным транспортом, доля которого в грузообороте республики составляет 43,7%. Около 88% объема производства товаров и услуг находится в районах республики, обслуживаемых сезонно.

Для освоения территории Якутии и дальнейшей разработки месторождений полезных ископаемых и в первую очередь алмазов необходимо развивать инфраструктуру региона и транспортно-логистический комплекс.

**Результаты**

Специфика работ на территории Крайнего Севера предопределяет нахождение нестандартных решений в области как добычи полезных ископаемых, так и их транспортировки.

Из анализа применения в условиях Западной Якутии различных видов промышленного транспорта (автомобильного, речного, воздушного, железнодорожного и др.) установлено, что преимущество имеет железнодорожный транспорт – благодаря его низким эксплуатационным расходам, малой зависимости от климатических и сезонных условий, возможности использовать различные виды

энергии (для тепловозной и электровозной тяги), длительным сроком службы подвижного состава (до 20–25 лет) и доступностью практически в любом районе Якутии.

На практике применяются железные дороги с колеей различной ширины. В СССР (и, соответственно, в России) в качестве основной была принята колея шириной 1520 мм. Железные дороги с колеей менее 1520 мм относятся к железным дорогам узкой колеи. В мировой практике насчитывается свыше 100 размеров ширины узкой колеи в пределах от 187 до 1397 мм, при этом ширина колеи для дорог общего пользования менее 600 мм применяется крайне редко.

В СССР (России) размер узкой колеи был принят равным 750 мм, и лишь в отдельных случаях на дорогах промышленного значения допускалось применение ширины колеи 1000 и 600 мм. Узкоколейными железными дорогами обслуживаются в основном отдельные промышленные предприятия или группы из нескольких смежных предприятий, лесосеки, шахты, рудники, торфяные месторождения, также они могут применяться везде, где сырье или продукция имеют большие объемы и относительно низкую удельную стоимость.

Область технико-экономической целесообразности применения рельсовых дорог узкой колеи общего пользования определяется их достоинствами и недостатками. Основными достоинствами дорог узкой колеи являются: меньшие капитальные затраты; простота сооружения (за счет меньших геометрических размеров и более легких конструкций верхнего строения пути, искусственных сооружений, земляного полотна и др. сооружений); уменьшение осевых нагрузок от подвижного состава; использование на них стандартов и норм по облегченному профилю и плану пути (уклонам, кривым), что приводит к экономии, особенно при горном и сильно пересеченном рельефе, при вписывании трассы.

К основным недостаткам узкоколейных дорог относятся: меньшие резервы провозной способности; ограниченные возможности повышения мощности дорог; необходимость перегрузки в пунктах примыкания к дорогам нормальной колеи; меньшие скорости и более высокие эксплуатационные расходы (в том числе и за счет перегрузки); большая потребность в локомотивах, подвижном составе; меньший габарит и вес перевозимого груза.

С увеличением грузопотока повышение стоимости перегрузки при переходе с одной колеи на другую практически перечеркнула все достоинства этого вида транспорта.

<sup>1</sup> Месторождения Якутии <https://ru.wikipedia.org/wiki/>

**Таблица 1**  
Показатели развития транспортной инфраструктуры в Республике Саха (Якутия) в 2014–2017 гг.

**Table 1**  
Indicators of transport infrastructure development in the Republic of Sakha (Yakutia) in 2014-2017

Показатель	2014	2015	2016	2017
Плотность путей сообщения, км путей на 1 000 км <sup>2</sup>	19,2	–	–	–
Плотность железных дорог, км путей на 1 000 км <sup>2</sup>	0,17	–	–	–
Протяженность железнодорожных путей, км на 10 тыс. чел.	5,4	–	–	–
Плотность автомобильных дорог с твердым покрытием, км путей на 1 000 км <sup>2</sup>	3,8	–	–	–
Протяженность автомобильных дорог, км на 10 тыс. чел.	37,4	–	–	–
Доля автодорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования, %	31,6	–	–	–
Протяженность автомобильных дорог с твердым покрытием, км	11 367	11 714	11 766	11 900
Протяженность железнодорожных путей, км	525	525	525	525
Удельный вес дорог с твердым покрытием в общей протяженности автомобильных дорог общего пользования, км	31,6	31,8	31,1	31,0
Плотность железных дорог, км путей на 10 000 км <sup>2</sup>	2	2	2	2

Источник: <http://sakha.gks.ru/>

В результате практически все дороги узкой колеи общего пользования на территории СССР (современной России) были выведены из эксплуатации либо переустроены в дороги нормальной колеи.

Поэтому для условий Западной Якутии, учитывая, что она со временем будет освоена и обеспечена развитой сетью железных дорог, сообщающихся с остальной частью России, узкую колею нельзя вводить ни в одном районе Якутии.

Однако на строительство традиционной железной дороги в условиях Западной Якутии накладывается локальное ограничение – низкая несущая способность грунтов, которая не обеспечивает условий эксплуатации железнодорожного транспорта с допустимым давлением 0,52–0,3 МПа.

В связи с затруднением строительства и использования традиционной и узкоколейной железной дороги в условиях Западной Якутии предлагается новый вид железнодорожного транспорта – легкая железная дорога (ЛЖД) с традиционным для России железнодорожным путем с колеей 1520 мм [8]. Легкая железная дорога, поскольку верхнее строение ж/д путей, балластный слой – менее материалоемкие, а подвижной состав будет в виде полувагонов и платформ грузоподъемностью 20–40 тонн.

Этот вид транспорта позволяет объединить достоинства традиционной и узкоколейной дорог, но исключает основной недостаток узкоколейной дороги – необходимость перегрузки при переходе с одной колеи на другую.

Данное решение приведёт к уменьшению нагрузки на грунт и снижению затрат на строительство железнодорожной насыпи. Также следует учитывать, что в условиях Арктики не всегда возможно обеспечить грузооборот, позволяющий эффективно использовать обычную железную дорогу.

Строительство легкой железной дороги предполагается на основе автомобильной дороги, которая строится независимо от расстояния транспортирования и объёма перевозок. Возможно исполнение ЛЖД в одно- или двухпутном варианте со всеми технологическими сооружениями, также в облегченном варианте. Важное достоинство легких («облегченных») ж/д путей в том, что её рельсошпальную решётку можно будет укладывать по насыпям ранее использовавшимся автодорог.

При строительстве «облегченной» (легкой) железной дороги в условиях Западной Якутии возведение земляного полотна проводится при условии, что грунты используют в мерзлом состоянии в течение всего периода эксплуатации сооружения. Насыпь может быть отсыпана из мелких пылеватых песков, хвостов алмазных месторождений. Балластный слой – щебеночный, высотой 0,40 м, считая до верха шпал. Грунты в основании насыпи – моренные суглинки с примесью щебня и гальки до 30%. Влажность грунтов основания – 45%, число пластичности  $W_n = 9$ . Мохорастительный покров толщиной 0,1 м сохраняется в процессе строительства под насыпью и в полосе отвода. Параметры «облегченной» железной дороги представлены в табл. 2.

Строительство «легкой» железной дороги ведется в северной климатической зоне России на слабых основаниях. В связи с использованием современных материалов в области строительства предлагается рассмотреть для сооружения «облегченной» насыпи пенополистирол<sup>2</sup> (рис. 1).

Применение экструзионного пенополистирола позволит кардинально сократить величину пассивного давления на основание насыпи, что дает возможность строить желез-

Таблица 2  
Параметры «облегченной» железной дороги

Линия	Однопутная
Рельсы	P50
Шпалы	Железобетонные
Скорость движения, км/ч	40
$Q_{\text{брутто}}$ , т	48
Нагрузка на ось, $q$	10–12 т
Грузонапряженность, млн т / год	0,5–5
Количество вагонов в поезде, $n$	≤ 6
Балластный слой щебеночный: высота, м	0,40

Table 2  
Parameters of the light railway

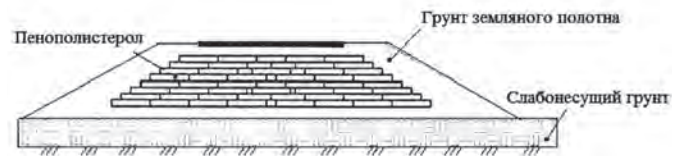


Рис. 1  
Конструкция «облегченной» насыпи

Fig. 1  
Light roadbed design

ную дорогу на слабом основании без свай. Последнее обстоятельство очень важно там, где грунты имеют модуль деформации ниже 5 МПа.

Пенополистирол является технически и экономически выгодным наполнителем в строительстве дорожных насыпей на слабонесущих грунтах. Использование легковесного наполнителя уменьшает эксплуатационные затраты из-за меньшей осадки; обеспечивает большую долговечность (подтверждается международным опытом<sup>2</sup>) и позволяет сократить общее время строительства.

Строительство различных сооружений для обычной железной дороги при необходимости может быть перенесено на более поздние сроки либо вообще не потребует при эксплуатации на временных участках до отдельных месторождений.

В условиях слабонесущих грунтов Западной Якутии предлагается применять легкий подвижной состав (вагоны и локомотивы). В качестве легкой локомотивной тяги может быть использован локомотив ТГМ4БЛ (тепловоз на гидромеханическом приводе мощностью 610 кВт) массой 68 т или сверхлегкий ТЭМ31М (тепловоз на электрическом приводе мощностью 420 кВт) массой всего 46 т (рис. 2) [9; 10]. Эти локомотивы предназначены для маневровой и вывозной работы и используются, как правило, промышленными предприятиями. Предлагается применять же-



Рис. 2  
Локомотив ТГМ4Бл-37179 (а) и сверхлегкий тепловоз ТЭМ31М (б) Конструкция «облегченной» насыпи

Fig. 2  
TGM4Bl-37179 locomotive (a) and TEM31M ultra-light diesel locomotive (b)

2 НТЦ «Геотехнологии СПб». URL: <http://www.ntcgeotech.ru/index.htm>



лезнодорожные вагоны грузоподъемностью 20, 30, 40 т на широкой колее (1520 мм).

Это позволит уменьшить осевые нагрузки от подвижного состава, значительно снизит требования к конструкции верхних строений пути, позволит достигнуть низкой строительной стоимости пути, упростит строительство искусственных сооружений.

Предлагаемый легкий железнодорожный транспорт может применяться как на дорогах общего назначения, так и для условий работы в карьере.

По объему перевозок железнодорожный транспорт находится на втором месте после карьерного автомобильного транспорта. По сравнению с железнодорожным транспортом общего назначения, легкая железная дорога характеризуется работой на крутых уклонах, применением временных и передвижных путей, большим числом криволинейных участков при меньших радиусах поворота. Грузонапряженность данного вида транспорта составляет от нескольких тысяч до 20 млн т на один подъездной путь в год.

Подвижной состав легкой железной дороги на карьерах будет состоять из вагонов и локомотивов (электровозы, тепловозы и тяговые агрегаты), которые применяются на узкой колее, но установленные на широкую колею. Электрическая тяга осуществляется при различных системах тока и напряжениях. При постоянном токе используется напряжение 1500 и 3000 В на токоприемнике электровоза, а при переменном токе получила распространение система однофазного переменного тока промышленной частоты 50 Гц напряжением 10 и 25 кВ. Расположение и число тяговых подстанций определяется длиной, разветвленностью и характером трассы, а также величиной грузопотока. Тяговые подстанции могут быть стационарными и передвижными, как и контактная сеть, основными элементами которой являются опоры и медный контактный провод. Для проработки технической возможности эксплуатации и расчета показателей экономической эффективности от реализации проекта легкой железной дороги потребуются ее дополнительное изучение и уточнение величины капитальных вложений.

Сооружение железнодорожных путей к отдельным карьерам необходимо только на период их эксплуатации. А затем, ввиду малых запасов руды и отсутствия других месторождений в этом направлении, пути могут быть разобраны и перенесены на другие участки.

Применение легкого железнодорожного транспорта на дорогах общего назначения позволит значительно сократить сроки освоения не только Западной Якутии, но и всей республики в целом. Значительным преимуществом данного вида транспорта является возможность постепенного внедрения легкой железной дороги на всей территории Якутии, что позволит внедрить перекрёстное субсидирование и снижение тарифов на перевозку. На первом этапе предполагается строительство легкой железной дороги до г. Якутска, на втором – в направлении до г. Усть-Кута или до г. Ленска, на третьем – до г. Удачного с перспективой выхода к Северному Ледовитому океану и строительства порта (рис. 3). Транспортно-логистическим центром Западной Якутии должен стать г. Мирный.

В варианте «облегченной» железной дороги предполагается использование контейнерного типа перевозок, который широко распространён на обычных железных дорогах и может решить многие проблемы при транспортировке грузов. Например, материал, вывозимый с карьера, в условиях



**Рис. 3**  
Предлагаемая сеть легких железных дорог

**Fig. 3**  
Proposed network of light railways

Арктики и прилегающих северных территорий, будет доставляться непосредственно к строящемуся участку дороги.

Предложения по разработке, изготовлению и применению легкой железной дороги рассматривались на Белорусском автомобильном заводе с участием генерального конструктора ОАО «БЕЛАЗ» А.Н. Егорова, который поддержал идею разработки легкой железной дороги, и в случае подготовки заявки завод готов приступить к разработке подвижного состава. В настоящее время, например, завод освоил выпуск двухосной колесной пары.

Автором предлагается концепция развития и освоения Западной Якутии на основе легкой железной дороги, которая должна стать приоритетным направлением в становлении транспортно-логистической структуры. Строительство легкой железной дороги «Мирный – Удачный» необходимо сделать пилотным проектом, опыт которого затем можно перенести не только на районы сосредоточения месторождений алмазов (Якутская алмазоносная провинция), но и на северные территории Западно-Сибирского и Дальневосточного федеральных округов.

Рельсовый путь позволит на промышленной основе продолжить ускоренное освоение других богатейших месторождений полезных ископаемых в Западной Якутии. Создание новых производств и рабочих мест приведет к увеличению валового регионального продукта республики.

**Выводы**

Для успешного развития экономики нужна устойчивая круглогодичная связь большинства территорий Якутии с дорожной сетью других регионов РФ и мира. Для этого в связи с затруднительным использованием узкоколейной и традиционной железной дороги в условиях Западной Якутии предлагается новый тип железных дорог – легкая железная дорога. Предлагаемый вид транспорта позволя-

ет использовать основные преимущества ранее используемых узкоколейных железных дорог и исключить их основной недостаток. Применение легкого железнодорожного транспорта на дорогах общего назначения позволит значительно сократить сроки освоения не только Якутии, но и Крайнего Севера в целом. Выполнение про-

ектов по созданию единого транспортного пространства, обеспеченного целостной инфраструктурой, позволит успешно реализовывать хозяйственно-экономические проекты, создаст условия для вовлечения потенциала республики в экономику России, укрепления национальной безопасности на Северо-Востоке России.

### Список литературы

1. Серова Н.А., Серова В.А. Основные тенденции развития транспортной инфраструктуры российской Арктики. *Арктика и Север*. 2019;(36):42–56. DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.36.42.
2. Мельников Р.М., Фурманов К.К. Оценка влияния инфраструктурной обеспеченности на экономическое развитие российских регионов. *Регион: экономика и социология*. 2019;(4):204–225. DOI: 10.15372/REG20190409.
3. 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.
4. Stephenson S.R., Smith L.C., Agnew J.A. Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. *Nature Climate Change*. 2011;1(3):156–160. DOI: 10.1038/nclimate1120.
5. Roh H.J., Sahu P.K., Sharma S., Datla S. Statistical investigations of snowfall and temperature interaction with passenger car and truck traffic on primary highways in Canada. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2015;30(2):04015006. DOI: 10.1061/(ASCE)CR.1943-5495.0000099.
6. Степанова Н.А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в Республике Саха (Якутия). *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2013;9(47):26–30. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20933380&>.
7. Делашова А.М. Анализ показателей транспортной обеспеченности Республики Саха (Якутия). *Журнал научных и прикладных исследований*. 2016;(5-2):54–59.
8. Тарасов П.И., Тарасов С.П., Фефелов Е.В., Тарасов А.П. Специализированная железная дорога как основа развития транспортной инфраструктуры. *Евразийское научное объединение*. 2015;1(10):64–67. Режим доступа: <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Tarasov-Petr-Ivanovich1.pdf>.
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. Тарасов П.И., Фефелов Е.В., Тарасов А.П., Тихомиров А.Ю. Обоснования перспективных видов транспорта для освоения арктической и северных территорий Российской Федерации. *Горная промышленность*. 2015;(6):61–66. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25238202>.

### References

1. Serova N.A., Serova V.A. Critical tendencies of the transport infrastructure development in the Russian Arctic. *Arktika i Sever = Arctic and North*. 2019;(36):42–56. (In Russ.) DOI: 10.17238/issn2221-2698.2019.36.42.
2. Melnikov R.M., Furmanov K.K. Evaluating the impact of infrastructure on economic development in Russian regions. *Region: ekonomika i sotsiologiya = Region: Economics and Sociology*. 2019;(4):204–225. (In Russ.) DOI: 10.15372/REG20190409.
3. 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.
4. Stephenson S.R., Smith L.C., Agnew J.A. Divergent long-term trajectories of human access to the Arctic. *Nature Climate Change*. 2011;1(3):156–160. DOI: 10.1038/nclimate1120.
5. Roh H.J., Sahu P.K., Sharma S., Datla S. Statistical investigations of snowfall and temperature interaction with passenger car and truck traffic on primary highways in Canada. *Journal of Cold Regions Engineering*. 2015;30(2):04015006. DOI: 10.1061/(ASCE)CR.1943-5495.0000099.
6. Stepanova N.A. Features of development of transport infrastructure in the Republic of Sakha (Yakutia) *Natsionalnye interesy: priority i bezopasnost = National Interests: Priorities and Security*. 2013;9(47):26–30. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20933380&>.
7. Delakhova A.M. Analysis of transport availability indicators in the Republic of Sakha (Yakutia). *Zhurnal nauchnykh I prikladnykh issledovaniy = Journal of Scientific and Applied Research*. 2016;(5-2):54–59.
8. Tarasov P.I., Tarasov S.P., Fefelov E.V., Tarasov A.P. Dedicated Railways as the Basic for Transport Infrastructure Development. *Evrasiiskoe nauchnoe obединenie = Eurasian Scientific Association*. 2015;1(10):64–67. (In Russ.) Available at: <https://esa-conference.ru/wp-content/uploads/files/pdf/Tarasov-Petr-Ivanovich1.pdf>.
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. Tarasov P.I., Fefelov E.V., Tarasov A.P., Tikhomirov A.Yu. Rationale for the application of advanced kinds of transport for the development of arctic and northern territories of the Russian Federation. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2015;(6):61–66. Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25238202>.

#### 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

#### 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

#### Информация о статье

Поступила в редакцию: 14.09.2020  
Поступила после рецензирования: 22.09.2020  
Принята к публикации: 01.10.2020

#### Article info:

Received: 14.09.2020  
Revised: 22.09.2020  
Accepted: 01.10.2020