

ПУСТЫЕ ПОРОДЫ И ОТХОДЫ ПРОИЗВОДСТВА ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ – ОСНОВА ДЛЯ СТРОИТЕЛЬСТВА ТРАНСПОРТНЫХ МАГИСТРАЛЕЙ

М. Л. Хазин, П. И. Тарасов, О. В. Голубев, В. Т. Дмитриев

Using tailings and waste products of mining and processing plants for the construction of highways

M. L. Khazin, P. I. Tarasov, O. V. Golubev, V. T. Dmitriev

The Republic of Sakha (Yakutia) is one of the richest regions of Russia. However, the hardness of the climate in this region amends its full development. The Republic of Sakha (Yakutia) has a poorly developed network of highways and railroads. The active development of the fields of the region has been in progress since the middle of last century. However, more than 16 thousand potential deposits remain understudied. Thus, it is necessary to build highways with due regard for modern techniques and technologies of construction for the development of industry as well as socio-economic spheres in this region. This article deals with the issues of potential use of tailings of the diamond mining industry for the construction of highways. Moreover, the amounts of dumps available would be enough to construct more than 20 thousand km of double-track highways, for the industrial and civil purposes. The advantage of the use of the refuse heaps is their proximity to the potential route. First of all, it is necessary to build a transport road, which would connect the Trans-Siberian railway with the Northern sea route. Construction technology should be adapted to the climatic characteristics of the region, therefore providing a uniform resource usage all year round. For the accelerated construction of subgrade, the two lines of railway should be placed on the same roadbed. After the construction of the entire section one of the ways could be dismantled and the movement of vehicles could be organized in its stead, after the preparation of the pavement. This will result in the construction of the roads with combined traffic for road transport as well as railroad transport. The construction of highways in this region must be associated with the transport strategy of Russia until 2030 and 2050.

Keywords: the deposit; waste rock; the dump; the Northern sea route; the Yakut transport corridor; roadbed; labor expenditures.

Республика Саха (Якутия) является одним из богатейших регионов России. Но суровость климата в данном регионе вносит свои коррективы в его полноценное развитие. В республике Саха (Якутия) слабо развита сеть автомобильных и железных дорог. С середины XX в. началось активное освоение месторождений данного региона. При этом еще более 16 тысяч потенциальных месторождений остаются слабоизученными. Таким образом, для развития промышленности и социально-экономической сферы в регионе необходимо строить транспортные магистрали с учетом развития современной техники и технологий строительства. В статье рассмотрены вопросы возможности использования отвалов алмазодобывающей промышленности для строительства транспортных магистралей. Причем объемов данных отвалов хватило бы на строительство более 20 тыс. км двухпутных магистралей промышленного и гражданского назначения. Достоинством использования отвалов пустых пород является их близкое расположение с возможным прохождением трассы. В первую очередь необходимо строить транспортную магистраль, соединяющую Транссибирскую магистраль с Северным морским путем. Технология строительства должна учитывать климатические особенности региона, обеспечивая равномерное использование ресурсов круглый год. Для ускоренного возведения земляного полотна должны быть уложены две нитки железнодорожного пути на одном земляном полотне. После возведения земляного полотна на всем участке один путь может быть разобран и на его месте организовано движение автотранспорта с предварительной подготовкой дорожной одежды. Таким образом, получим земляное полотно с совмещенным движением авто- и железнодорожного транспорта. Строительство транспортных магистралей в данном регионе должно быть связано с транспортной стратегией России до 2030 и 2050 гг.

Ключевые слова: месторождение; пустые породы; отвал; Северный морской путь; Якутский транспортный коридор; земляное полотно; трудозатраты.

Введение
Якутия является уникальной территорией по разнообразию, количеству и качеству полезных ископаемых. Здесь официально зарегистрировано 1823 месторождения 58 видов минерального сырья. Наиболее важными являются месторождения алмазов (82 % запасов России), сурьмы (82 %), урана (61 %). Также на долю республики приходится 47 % разведанных запасов угля, 35 % природного газа и нефти Восточной Сибири и Дальнего Востока. При этом более 16 тысяч потенциальных месторождений остаются слабоизученными. Кроме того, в Якутии встречаются следующие месторождения полезных ископаемых (количество месторождений/процент запасов от общероссийских): золото (834/20); серебро (33/-); железные руды (14/-); олово (50/80); вольфрам (24/89); редкоземельные металлы (1/17.75); неметаллические полезные ископаемые (1038/-); пресная вода (29/-) и др.¹

Первый алмаз на территории Якутии был найден в 1949 г. на галечнике р. Виллой близ села Крестях Сунтарского района геологической экспедицией Г. Х. Файнштейна. Потом в 1954 г. Л. А. Попугаева нашла первое коренное кимберлитовое месторождение и назвала его «Зарница». С тех пор в Западно-Якутском алмазодобывающей бассейне геологи выявили и разведали свыше 800 кимберлитовых трубок, из них промышленное значение имеют 150, а используется 11 самых богатых, находящихся близко от дорог, например Мир, Удачная, Айхал, Интернациональная, Эбелях и др.²

Таким образом, для дальнейшего развития промышленности в регионе необходимо строить транспортные магистрали, в том числе с учетом расширения минерально-сырьевой базы в регионе [1–3]. А для строительства транспортных магистралей в первую очередь нужен материал. Преимущество строительства любой транспортной магистрали заключается в том, чтобы строительный материал находился относительно рядом. Также важным является и правильно организованная технология строительства данных магистралей с учетом таких особенностей, как возможность поддержания заданных темпов строительства; климат региона; прохождение трассы с учетом развития отдельных районов [4–7].

Состояние проблемы

В настоящее время в Западной Якутии расположены отвалы пустых пород алмазодобывающей промышленности. Добыча алмазодобывающей руды в данном регионе началась уже с середины XX в. За это время накоплены существенные объемы (более 1 млрд м³) пустой породы из карьеров алмазодобывающей промышленности. В основном данный объем сосредоточен у городов Мирный, Удачный и поселка городского типа Айхал. С учетом расширения существующих и развития новых месторождений на поверхность будет поднято еще около 1 млрд м³ пустой породы.

Согласно п. 4.5 [8], допускается для возведения насыпей использовать материалы породных отвалов, пригодные для сооружения земляного полотна. По табл. 4.1 [8], скальные грунты используются без ограничения для возведения насыпей, а скальные грунты из слабовыветривающихся, выветривающихся, легковыветривающихся пород (алевролитов, аргиллитов, мергелей,

¹ Месторождения Якутии. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Месторождения_Якутии

² Полезные ископаемые республики Саха. URL: <http://www.protown.ru/russia/obl/articles/3408.html>

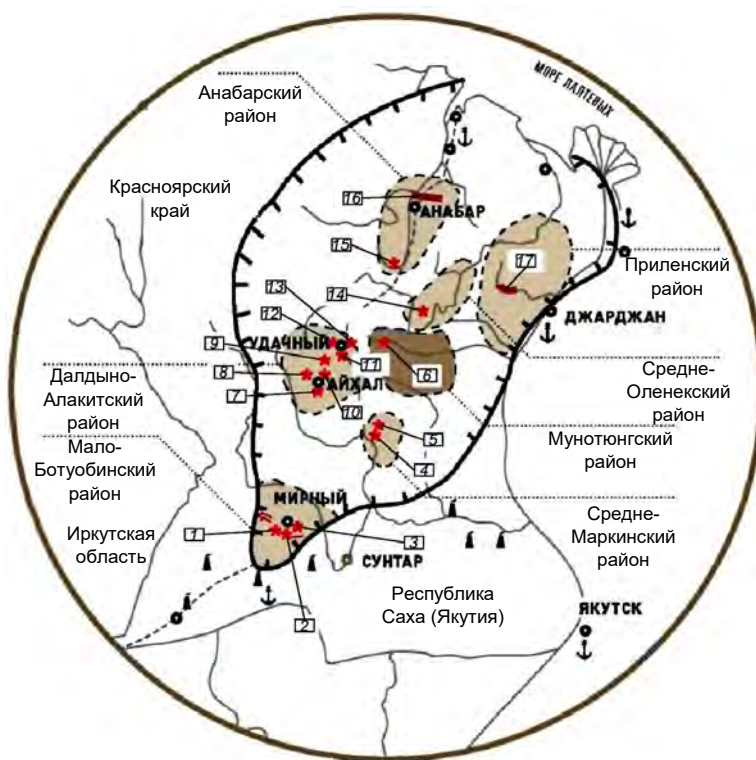


Рисунок 1. Расположение месторождений алмазов в Республике Саха (Якутия). Кимберлитовые трубки. 1 – Интернациональная (34 млн м³); 2 – Заря (–/40 млн м³); 3 – Мир (140 млн м³); 4 – Ботуобинская (138/170 млн м³); 5 – Нюрбинская (120/170 млн м³); 6 – Магнитная (–/80 млн м³); 7 – Айхал (48,5 млн м³); 8 – Юбилейная (305 млн м³); 9 – Сытыканская (55 млн м³); 10 – Комсомольская (70 млн м³); 11 – показатели уточняются; 12 – Удачная (360 млн м³); 13 – Зарница (10/100 млн м³); 14 – Заполярная (–/90 млн м³); 15 – Майская (–/84 млн м³); 16, 17 – показатели уточняются. В числителе приведены объемы пустой породы, находящиеся в отвалах. В знаменателе – объемы, образуемые после разработки перспективных месторождений алмазов.

глинистых сланцев и др.), песчаные и глинистые грунты могут быть использованы при соблюдении технологии уплотнения отсыпаемых насыпей (соблюдение заданной толщиной уплотняемого слоя, числа проходов уплотняющих машин и механизмов).

По данным [9], более 90 % породы в отвалах алмазодобывающей промышленности относится именно к скальным грунтам и пескам. Следовательно, данная порода может быть использована в качестве материала для строительства транспортных магистралей. Порода в данных отвалах достаточно долгое время слеживалась, а структура отвала представляет разнокусковый массив [10]. Поэтому необходимы разработка и создание специализированного комплекса по разборке отвалов. Также должна быть проведена подготовка соответствующих специалистов.

С учетом перспективы использования пустых пород в качестве материала для строительства транспортных магистралей сама трасса должна пройти вблизи отвалов пустых пород. На рис. 1 показаны существующие и перспективные месторождения алмазов в Республике Саха (Якутия). Вблизи данных месторождений находятся и сами отвалы пустой породы. Данные отвалы принадлежат АК «АЛРОСА».

Авторы постоянно работают над перспективными направлениями транспортных магистралей на территории Западной

Якутии [11, 12]. В первую очередь, речь идет о строительстве Якутского транспортного коридора, который должен соединить порты Северного морского пути Юрюнг-Хая, Тикси и Хатанга с Казахстаном, Кыргызстаном, Монголией, Индией, и Китаем. А загрузка Северного морского пути на ближайшие десятилетия особенно актуальна [13, 14].

Для устойчивого развития социально-экономической сферы любого региона его предприятия должны иметь выход на рынки сбыта, расположенные не только внутри региона, но и за его пределами. Без соответствующего развития транспортной сети это недостижимо [15].

Строительство транспортных магистралей должно учитывать перспективные объемы грузов, которые будут по ним транспортироваться. Как показывают расчеты, объемы земляных масс при строительстве двухпутных и однопутных магистралей отличаются до 40 % и зависят от рабочей отметки земляного полотна. Причем чем больше рабочая отметка, тем меньше эта разница. Объемы строительного материала, необходимого при возведении земляного полотна с различными рабочими отметками, а также протяженность транспортных магистралей, которые могли быть построены при использовании пустой породы из отвалов АК «АЛРОСА»³, приведены ниже.

Зависимость объемов V и протяженности L земляного полотна от высоты насыпи H (рабочей отметки)

| | | | | | | | | | | |
|---------------------------------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|------|------|------|
| H, м | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| V ₁ , м ³ | 5 | 13 | 24 | 38 | 55 | 75 | 98 | 124 | 153 | 186 |
| V ₂ , м ³ | 7 | 17 | 30 | 46 | 66 | 88 | 113 | 141 | 172 | 206 |
| L ₃ , км | 198 020 | 76 336 | 41 408 | 26 178 | 18 100 | 13 280 | 10 168 | 8039 | 6517 | 5391 |
| L ₄ , км | 140 845 | 58 140 | 33 003 | 21 552 | 15 267 | 11 416 | 8873 | 7102 | 5817 | 4854 |

Примечания: 1 – объем земляного полотна однопутной железной дороги протяженностью 1 м; 2 – объем земляного полотна двухпутной железной дороги протяженностью 1 м; 3 – протяженность земляного полотна однопутной железной дороги, определенная из расчета использования 1 млрд м³ пустой породы из отвалов АК «АЛРОСА»; 4 – протяженность земляного полотна двухпутной железной дороги, определенная из расчета использования 1 млрд м³ пустой породы из отвалов АК «АЛРОСА».

³ Инвестиционные проекты АК АЛРОСА. URL: http://www.alrosa.ru/wp-content/uploads/2016/08/Буклет-4-проекта_RUS.pdf

Таблица 1. Протяженность автомобильных и железных дорог стран мира.

| Страна | Площадь территории, тыс. км ² | Численность населения, тыс. чел. | Протяженность, км | | Удельное покрытие, км/км ² | | Удельное покрытие км/тыс. чел. | |
|--------------------------|--|----------------------------------|-------------------|------------------|---------------------------------------|---------------|--------------------------------|------------|
| | | | Авто ⁴ | Ж/д ⁵ | Авто | Ж/д | Авто | Ж/д |
| США | 9519,4 | 324 880 | 6 586 610 | 293 564 | 0,69 | 0,031 | 20,27 | 0,90 |
| Индия | 3287,6 | 1 300 949 | 4 865 000 | 64 215 | 1,48 | 0,020 | 3,74 | 0,05 |
| КНР | 9599 | 1 381 783 | 4 460 000 | 191 270 | 0,46 | 0,020 | 3,23 | 0,14 |
| Бразилия | 8514,9 | 205 739 | 1 751 868 | 29 817 | 0,21 | 0,004 | 8,52 | 0,14 |
| Россия | 17 125,2 | 146 797 | 1 396 000 | 87 157 | 0,08/0,08* | 0,005/0,006* | 9,51/9,66* | 0,59/0,74* |
| Япония | 377,8 | 126 960 | 1 215 000 | 27 268 | 3,22 | 0,072 | 9,57 | 0,21 |
| Канада | 9984,7 | 35 145 | 1 042 300 | 46 552 | 0,10 | 0,005 | 29,66 | 1,32 |
| Франция | 547 | 64 513,2 | 1 028 446 | 29 901 | 1,88 | 0,055 | 15,94 | 0,46 |
| Австралия | 7686,9 | 25 195 | 823 217 | 38 445 | 0,11 | 0,005 | 32,67 | 1,53 |
| Испания | 504,8 | 46 423,1 | 681 298 | 15 064 | 1,35 | 0,030 | 14,68 | 0,32 |
| Германия | 357 | 82 164 | 644 480 | 46 551 | 1,81 | 0,130 | 7,84 | 0,57 |
| Республика Саха (Якутия) | 3083,5 | 959,9 | 12 209/33 761* | 525/22 077* | 0,004/0,01* | 0,0002/0,007* | 12,72/35,17* | 0,55/23,0* |

*С учетом строительства дополнительных 21 552 км транспортных магистралей.

Таблица 2. Виды работ при возведении земляного полотна транспортных магистралей в зависимости от времени года.

| Особенности возведения земляного полотна в зависимости от состояния основания | | | |
|---|-----------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| Промерзший грунт (время года 1) | Процесс оттаивания (время года 2) | Оттаявший грунт (время года 3) | Процесс промерзания (время года 4) |
| Работы: а, б, в, ж, и | Работы: г, д, е, ж, и | Работы: г, д, е, ж | Работы: а, б |

Перечень основных работ: а) устройство зимника для перевозки пустой породы автотранспортом; б) подготовка основания земляного полотна; в) возведение земляного полотна; г) формирование отвала пустых пород для стройки будущего года; д) укладка и балластировка рельсошпальной решетки; е) укладка железнодорожного съезда в месте формирования отвала пустой породы; ж) уборка оставшегося грунта и рекультивация земель; и) устройство площадок для промежуточных станций.

Из зависимости видно, что 1 млрд м³ пустой породы хватит на строительство двухпутных транспортных магистралей общей протяженностью 21 552 км со средней высотой насыпи 4 м. Для сравнения: протяженность коридора от Олэкминска до Юрюнг-Хая составляет 1958 км.

Первый миллиард кубометров пустой породы, которая уже лежит в отвалах на поверхности, можно использовать для строительства в первую очередь промышленных автомобильных и железных дорог. А по мере социально-экономического развития региона можно использовать второй миллиард кубометров породы для строительства магистралей гражданского назначения.

Строительство такого объема магистралей позволило бы поднять на новый уровень развития не только саму Якутию, но и повысить удельные показатели покрытия дорожной сетью территории России.

Показатели покрытия дорожной сетью территорий некоторых развитых и стремительно развивающихся стран мира приведены в табл. 1.

На основании приведенных данных можно сделать вывод, что у России имеется потенциал роста по показателям удельного покрытия дорожной сетью как по отношению к площади территории, так и на одну тысячу населения. Особенно важным является показатель отношения протяженности транспортных магистралей к одной тысяче человек. Ведь дороги нужны именно человеку.

Отдельно следует остановиться на особенностях технологии строительства транспортных магистралей в данном регионе. Большая часть территории расположена в условиях распространения многолетнемерзлых грунтов. Существуют определенные ограничения по протяженности строительного сезона. Поэтому технология строительства транспортных магистралей должна быть разработана с учетом обеспечения равномерности трудовых затрат в течение всего года, что благоприятно будет сказываться на социально-экономическом развитии региона.

Выбор варианта трассы должен выполняться с учетом данной схемы. При этом данная схема накладывается на варианты

трассы транспортной магистрали. Затем должна быть проведена геологоразведка территорий, попавших в зону рентабельности перевозки пустой породы. В случае обнаружения месторождений полезных ископаемых оценить возможность использования отходов горно-обогатительного производства для возведения транспортных магистралей.

Перечень основных работ, которые должны выполняться при строительстве транспортных магистралей, приведен в табл. 2. Данные работы разделены с учетом времени года.

Из табл. 2 следует, что одни и те же работы могут быть выполнены в разное время года. Учет трудовых затрат каждого вида работ в разное время года позволит получить график движения рабочей силы и наиболее рационально распределить ресурсы в течение года.

Далее раскроем порядок возведения земляного полотна транспортных магистралей по схеме, представленной на рис. 2.

Участок номер 1 (от основного месторождения с существующими отвалами пустых пород до точки 1):

1. Строительство земляного полотна в зимний период с перевозкой грунта автотранспортом по зимнику (расположен рядом со строящейся трассой). При этом протяженность строительства может быть разной в зависимости от объемов возводимого земляного полотна на данном участке. Ведущей работой является формирование земляного полотна.

Участок номер 2 (от точки 1 до точки 2):

1. Часть грунта везется из основного месторождения с существующими отвалами пустых пород, а часть из сформированного в конце строительства земляного полотна отвала Vп1 (точка 1).

2. Грунт из отвалов, сформированных в нестроительный сезон, перевозится автотранспортом, который заблаговременно (в процессе промерзания грунтов основания) завозится железнодорожным транспортом в точку 1.

3. Отвал Vп2 формируется путем перевозки пустой породы железнодорожным транспортом в нестроительный сезон (время года 2, 3, 4).

⁴ Список стран по длине сети автомобильных дорог. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_длине_сети_автомобильных_дорог

⁵ Список стран по длине сети железных дорог. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Список_стран_по_длине_сети_железных_дорог

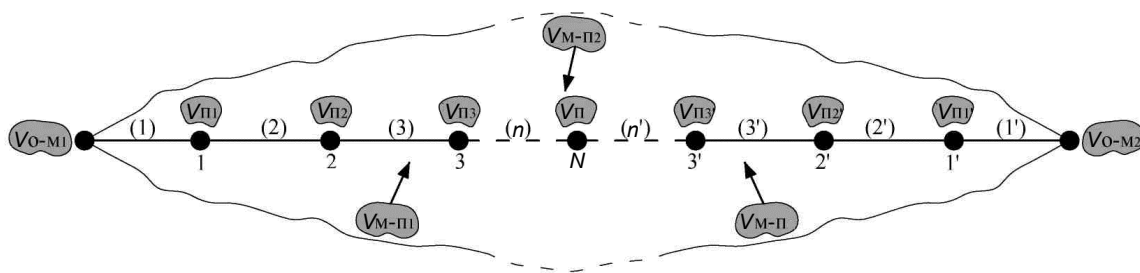


Рисунок 2. Развернутая схема строительства транспортной магистрали с учетом использования объемов пустых пород из отвалов основных и перспективных месторождений. Vo-м1 – основное месторождение с существующими отвалами пустых пород; VM-п1 – перспективное месторождение с формированием отвалов пустых пород (1 – номер месторождения); 1, 2, ..., N – номер точки завершения возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 1, 1', 2', ..., N – номер точки завершения возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 2; (1), (2), ..., (n) – номер участка возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 1; (1'), (2'), ..., (n') – номер участка возведения земляного полотна в строительный сезон при завозе объемов строительного материала с отвалов существующего основного месторождения 2; Vп1, Vп2, ..., Vпn – промежуточный отвал, формируемый в нестроительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 1; Vп1', Vп2' – промежуточный отвал, формируемый в нестроительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 2; VM-п1, ..., VM-пn – промежуточное месторождение, расположенное в зоне рентабельности перевозки пустой породы для возведения транспортной магистрали.

Участок номер 3 (от точки 2 до точки 3):

1. Часть грунта везется из основного месторождения с существующими отвалами пустых пород, а часть из сформированного в конце строительства земляного полотна отвала Vп2 (точка 2). При наличии в зоне рентабельности (более выгодные условия доставки пустой породы для возведения хребтовой магистрали) месторождений полезных ископаемых необходимо оценить возможность использования отходов горно-обогатительного производства для возведения транспортных магистралей.

2. Грунт из отвалов, сформированных в нестроительный сезон, перевозится автотранспортом, который заблаговременно (в процессе промерзания грунтов основания) завозится железнодорожным транспортом в точку 2.

3. Отвал Vп3 формируется путем перевозки пустой породы железнодорожным транспортом в нестроительный сезон (время года 2, 3, 4).

Для ускоренного возведения земляного полотна должны быть уложены две нитки железнодорожного пути на одном земляном полотне. После возведения земляного полотна на всем участке один путь может быть разобран и на его месте организовано движение автотранспорта с предварительной подготовкой дорожной одежды. Таким образом, получим земляное полотно с совмещенным движением авто- и железнодорожного транспорта.

Имея в виду энергетический потенциал Якутии (72,4 ГВт), можно использовать его как основной источник энергии для движения транспортных средств.

Сегодня нет методик, которые могли бы учесть будущее развитие региона с учетом строительства новых транспортных магистралей, а тем более стратегическую составляющую, которую обеспечивает любая магистраль. Так сколько же может стоить безопасность? И нужно ли здесь говорить о стоимости?

Есть лишь примерные методики, которые могут склонить в ту или иную сторону при принятии решения. Но для принятия решения нужно в первую очередь обращать внимание на время (в данном случае сроки строительства). Быстро дорогу не построить, поэтому надо начинать сейчас. Строительство транспортных магистралей в данном регионе должно быть связано с транспортной стратегией России до 2030 и 2050 гг.

Очевидно, что строительство именно железнодорожной магистрали, соединяющей уже существующие транспортные коридоры, позволит вдохнуть новую жизнь в регион. Например, в районах прохождения Транссибирской и Байкало-Амурской магистрали было построено несколько крупных городов.

Заключение

Для ускоренного развития транспортных магистралей на территории Якутии в первую очередь необходимо:

1. Разработать специальные технические условия на проектирование транспортных магистралей с использованием отходов производства горно-обогатительных комбинатов.

2. Выбрать принципиальный вариант прохождения трассы с учетом расположения существующих и перспективных отвалов пустых пород.

3. Разработать и подготовить специализированный комплекс по разборке отвалов и соответствующих специалистов для выполнения данных работ.

4. Определить стоимость пустой породы для дальнейшего ее использования при возведении земляного полотна транспортных магистралей.

5. Рассмотреть возможные источники финансирования с учетом заинтересованности всех уровней власти Российской Федерации и инвесторов, в том числе зарубежных.

6. С целью минимизации использования вахтового метода работы и увеличения численности постоянно проживающего населения в регионе предусмотреть в технологии строительства транспортных магистралей равномерное использование трудовых ресурсов в течение года.

ЛИТЕРАТУРА

1. Курнева М. В. Перспективы развития минерально-сырьевой базы алмазных месторождений Республики Саха (Якутия) // Горная промышленность. 2014. № 3 (115). С. 58–64.
2. Якушев А. Ж., Дамдиндорж Б. Оценка влияния проекта строительства российско-американской магистрали через Берингов пролив на развитие транспортной системы центральной Азии и внешней торговли Монголии // Экономика и управление: проблемы, решения. 2017. Т. 3, № 2. С. 96–104.
3. Степанова Н. А. Особенности развития транспортной инфраструктуры в Республике Саха (Якутия) // Национальные интересы: приоритеты и безопасность. 2013. № 47. С. 26–30.
4. Гасилов В. В., Замчалова С. С., Шибеева М. А. и др. Определение стоимости проектно-изыскательских работ на строительство автодорог и сооружений на них // Наука и техника в дорожной отрасли. 2004. № 2 (29). С. 12–13.
5. Казикаев Д. М. Эффективные пути решения проблем разработки алмазных месторождений Якутии // ГИАБ. 2015. № 6. С. 45–48.
6. Тарасов П. И. Проблемы магистрального транспортирования руды от удаленных кимберлитовых месторождений // Горное оборудование и электромеханика. 2014. № 5. С. 25–32.
7. Меркулов А. С., Терехова О. Г. Экономика инноваций в строительстве и эксплуатации автомобильных дорог // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. 2015. Т. 2. С. 145–156.
8. Свод правил по проектированию и строительству: СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. М.: Госстрой России, 1999.
9. Коноваленко В. Я. Справочник физико-механических свойств горных пород алмазных месторождений Якутии. Новосибирск: СО РАН, 2012. 276 с.
10. Захаров В. Н., Зырянов И. В., Хазин М. Л. и др. Перспективные транспортные системы для развития арктических и северных территорий РФ // Горная промышленность. 2016. № 4. С. 52–54.
11. Миронова С. И. Отвалы карьеров алмазных месторождений Якутии как объекты рекультивации и их рекультивационный потенциал // Проблемы региональной экологии. 2014. № 1. С. 178–181.
12. Тарасов П. И., Зырянов И. В., Хазин М. Л. Якутский транспортный коридор // Научные проблемы реализации транспортных проектов в Сибири и на Дальнем Востоке: тез. IX междунар. науч.-техн. конф. Новосибирск. Изд-во СГУПС, 2016. С. 127–129.
13. Колесников Н. Г. Методика оценки транспортной связности территории на примере сети всепогодных автодорог Республики Саха (Якутия) // Экономика Востока России. 2017. № 1 (7). С. 102–106.

14. Мыреев А. Н. Создание единой транспортной сети Якутии // Транспортное строительство. 2008. № 8. С. 3–4.

15. Ефремов Э. И. Транспортная инфраструктура Якутии: проблемы и перспективы // Экономический анализ: теория и практика. 2013. № 5 (308). С. 50–56.

REFERENCES

- Kurueva M. V. 2014, *Perspektivy razvitiya mineral'no-syr'evoy bazy almaznykh mestorozhdeniy Respubliki Sakha (Yakutia)* [The prospects of the development of mineral resources of diamond deposits in the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Gornaya promyshlennost'* [Mining industry], no. 3 (115), pp. 58–64.
- Yakushev A. J., Damdindorzh B. 2017, *Otsenka vliyaniya proekta stroitel'stva rossiyско-amerikanskoy magistrali cherez Beringov proliv na razvitie transportnoy systemy Tsentral'noy Asii i vneshney trgovlii Mongolii* [Assessment of the impact of the project of construction of the Russian-American highway through the Strait of Bering on the development of the transport system of Central Asia and on the Mongolia's foreign trade]. *Ekonomika i upravlenie: problemy, resheniya* [Economy and management: problems and solutions], vol. 3, no. 2, pp. 96–104.
- Stepanova N. A. 2013, *Osobennosti razvitiya transportnoy infrastruktury v Respublike Sakha (Yakutia)* [Development peculiarities of the transport infrastructure in the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Natsional'nye interesy: priority i bezopasnost'* [National interests: priorities and security], no. 47, pp. 26–30.
- Gasilov V. V., Zamchalova S. S., Shibaeva M. A., and others. 2004, *Opreделение stoimosti proektno-izyskatel'skikh rabot na stroitel'stvo avtodorog i sooruzheniy na nikh* [Determining the cost of design and survey works for the construction of roads and structures on them]. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli* [Science and technology in the road sector], no. 2 (29), pp. 12–13.
- Kazikaev D. M. 2015, *Effektivnye puti resheniya problem razrabotki almaznykh mestorozhdeniy Yakutii* [Effective solutions to the problems of development of diamond deposits in Yakutia]. *Gornyi informatsionno-analyticheskiy bulletin'* [Mining informational and analytical bulletin], no. 6, pp. 45–48.
- Tarasov P. I. 2014, *Problemy magistral'nogo transportirovaniya rudy ot udalennykh kimberlitovykh mestorozhdeniy* [Problems of trunk transportation of ore from remote kimberlite deposits]. *Gornoe oborudovanie i electromekhanika* [Mining equipment and electromechanics], no. 5, pp. 25–32.
- Merkulov A. S., Terekhova O. G. 2015, *Ekonomika innovatsiy v stroitel'stve i ekspluatatsii avtomobil'nykh dorog* [The economics of innovation in the

construction and maintenance of roads]. *Transportnaya infrastruktura Sibirskogo regiona* [Transport infrastructure of the Siberian region], vol. 2, pp. 145–156.

8. 1999, *Proektirovanie zelyanogo polotna zheleznykh dorog kolei 1520 mm* [Designing of an earth track of gauge railways of 1520 mm]. *Svod pravil po proektirovaniyu i stroitel'stvu SP 32104-98* [Russian Code of rules for design and construction no. SP 32-104-98]. Moscow.

9. Konovalenko V. Ya. 2012, *Spravochnik fiziko-vekhnicheskikh svoystv porod almaznykh mestorozhdeniy Yakutii* [Handbook of physical and mechanical properties of rocks of diamond deposits of Yakutia]. Novosibirsk, 276 p.

10. Zakharov V. N., Zyryanov I. V., Khazin M. L. and others. 2016, *Perspektivnye transportnye systemy dlya razvitiya Arkticheskikh i Severnykh territoriy RF* [Advanced transport system for the development of the Arctic and Northern territories of Russia]. *Gornaya promyshlennost'* [Mining industry], no. 4, pp. 52–54.

11. Mironova S. I. 2014, *Otvaly car'erov almaznykh mestorozhdeniy Yakutii kak ob'ekty rekultivatsii i ikh rekultivatsionnyi potentsial* [Dump pits of diamond deposits in Yakutia as objects of remediation and their reclamation potential]. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology], no. 1, pp. 178–181.

12. Tarasov P. I., Zyryanov I. V., Khazin M. L. 2016, *Yakutskiy transportnyy koridor* [Yakut transport corridor]. *Sb.: Nauchnye problemy realizatsii transportnykh proektov v Sibiri i na Dal'nem Vostoke. IX Mezhdunarodnaya nauchno-tekhnicheskaya konferentsiya "Politransportnye systemy". Tezisy konferentsii* [Collected theses: Scientific problems of implementation of transport projects in Siberia and the Far East. 9th international scientific and technical conference "Polytransport systems". Abstracts of the conferences], Novosibirsk, pp. 127–129.

13. Kolesnikov N. G. 2017, *Metodika otsenki transportnoy svyaznosti territorii na primere seti vsesezonnnykh avtodorog Respubliki Sakha (Yakutia)* [Methods of the evaluation of transport connectivity areas by an example network of all-season roads of the Republic of Sakha (Yakutia)]. *Ekonomika Vostoka Rossii* [Economics of Russian East], no. 1 (7), pp. 102–106.

14. Myreev A. N. 2008, *Sozdanie edinoy transportnoy seti Yakutii* [Building a unified transport network of Yakutia]. *Transportnoe stroitel'stvo* [Transport construction], no. 8, pp. 3–4.

15. Efrefov E. I. 2013, *Transportnaya infrastruktura Yakutii: problemy i perspektivy* [Transport infrastructure of Yakutia: problems and prospects]. *Ekonomicheskiy analiz: teoriya i praktika* [Economic analysis: theory and practice], no. 5 (308), pp. 50–56.

Марк Леонтьевич Хазин,

khasin@ursmu.ru

Владимир Трофимович Дмитриев

Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

Петр Иванович Тарасов

tp6005@mail.ru

ООО «Перспектива-М»

Россия, Екатеринбург, ул. Высоцкого, 44, оф. 58

Олег Ведимирович Голубев

golubev_ov@mail.ru

Уральский государственный университет путей сообщения
Россия, Екатеринбург, ул. Колмогорова, 66

Mark Leont'evich Khazin,

khasin@ursmu.ru

Vladimir Trofimovich Dmitriev

Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia

Petr Ivanovich Tarasov

tp6005@mail.ru

JSC "Perspektiva-M"

Ekaterinburg, Russia

Oleg Vedimirovich Golubev

golubev_ov@mail.ru

Ural State University of Railway Transport
Ekaterinburg, Russia