

Горные работы при строительстве транспортных коридоров

П.И. Тарасов¹✉, М.Л. Хазин², И.В. Зырянов³, Д.Г. Неволин⁴

¹ ООО «Перспектива-М», г. Екатеринбург, Российская Федерация

² Уральский государственный горный университет, г. Екатеринбург, Российская Федерация

³ Институт Якутнипроалмаз, г. Мирный, Российская Федерация

⁴ Уральский государственный университет путей сообщения, г. Екатеринбург, Российская Федерация
✉tp6005@mail.ru

Резюме: Цель работы: анализ проблем утилизации отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности Российской Федерации. Методология проведения исследования: проанализированы экономико-экологические проблемы отходов горнодобывающей и горно-перерабатывающей промышленности, находящихся в отвалах и хвостохранилищах. Результаты: предложен вариант утилизации отходов горнодобывающей и горноперерабатывающей промышленности – использование горной массы для строительства железнодорожных и автомобильных дорог. Такая технология позволяет отказаться от строительства притрассовых карьеров и строительства временных поселений для их разработки, что уменьшит экологический ущерб и значительно снизит сроки и стоимость строительства магистрали. Выводы: предлагаемая технология позволяет получить значительный экономический эффект (отсутствуют затраты на транспортировку материалов из удаленных областей страны), уменьшить неблагоприятное влияние горных работ на окружающую среду и в перспективе исключить образование отвалов.

Ключевые слова: открытые горные работы, транспортные коридоры, горная масса, земляное полотно, экология

Для цитирования: Тарасов П.И., Хазин М.Л., Зырянов И.В., Неволин Д.Г. Горные работы при строительстве транспортных коридоров. *Горная промышленность*. 2020;(5):91–96. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-91-96.

Mining Operations in Construction of Main Transport Routes

P.I. Tarasov¹✉, M.L. Khazin², I.V. Zyryanov³, D.G. Nevolin⁴

¹ 'Perspektiva-M' LLC, Ekaterinburg, Russian Federation

² Ural State Mining University, Ekaterinburg, Russian Federation

³ Institute 'Yakutniproalmaz', Mirniy, Russian Federation

⁴ Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russian Federation
✉tp6005@mail.ru

Abstract: Research objective: analysis of waste disposal issues in the mining and mineral processing industry of the Russian Federation. Research methodology: economic and environmental challenges concerned with mining and mineral processing waste in dumps and tailings were analysed. Results: an option is proposed to dispose of the waste rock generated by the mining and processing industry by using it for construction of railways and motor roads. This technology makes it possible to avoid construction of quarries and temporary settlements for their development along the road route, which will decrease the environmental impact and significantly reduce the time and cost of road construction. Conclusions: The proposed technology helps to achieve a significant economic effect (no costs for transporting materials from remote areas of the country), reduce the adverse environmental impact of mining operations and, in the long term, prevent dump formation.

Keywords: surface mining, main transport routes, mined rock, road bed, ecology

For citation: Tarasov P.I., Khazin M.L., Zyryanov I.V., Nevolin D.G. Mining Operations in Construction of Main Transport Routes. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(5):91–96. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-91-96.

Введение

Развитие экономики любой страны напрямую связано с развитием дорожно-транспортной инфраструктуры и логистического сектора. Наиболее интенсивные маршруты перевозки грузов в конце XX в. приобрели форму транспортных коридоров. При этом большинство таких коридоров проходит в обход России, и, как следствие – упущенная выгода. Преимущество географического положения РФ дает возможность открыть прямой путь между зонами зарождения и поглощения грузопотока мировой торговли.

В последние десятилетия наблюдался быстрый рост объема международной торговли и грузовых перевозок в Азии. На страны Азиатско-Тихоокеанского региона приходится более 70% мирового экспорта продукции, тогда как доля транзита, проходящего через территорию России, составляет всего лишь 5–6%.

Наиболее сложными в реализации являются проекты развития логистической инфраструктуры, включая строительство транспортных магистралей как составной части международных транспортных коридоров. При строитель-

стве транспортных магистралей (железных и автомобильных дорог) всегда существует проблема, где взять земляную (горную) массу? Как правило, эта проблема решается за счет разработки притрассовых карьеров, что повышает стоимость строительства за счет доставки карьерной техники, создания временных поселений и соответствующей инфраструктуры, доставки топлива и др. Кроме того, разработка притрассовых карьеров сопровождается комплексом негативных воздействий на природные ландшафты криолитозоны.

При добыче полезных ископаемых открытым способом, согласно статистике¹, в товар превращается примерно двадцатая часть добытого сырья, а остальная порода переводится в отвалы и хвостохранилища, которые существенно изменяют и нарушают естественную ландшафтную структуру (рис. 1). Основной техногенной нагрузкой на окружающую среду при разработке карьеров является механическое разрушение почвенного покрова и растительности. При этом самовосстановление нарушенной природной среды идет крайне медленно, что создает серьезные негативные социальные и экологические последствия [1; 2].

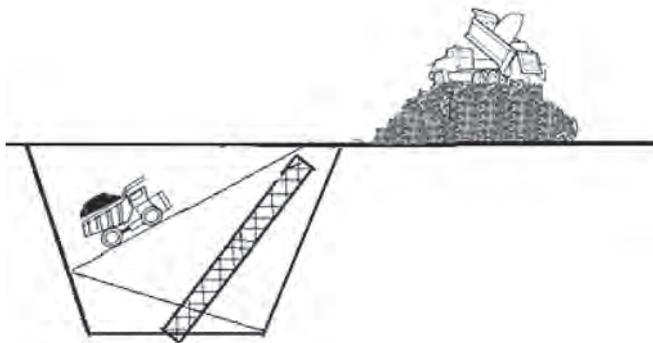


Рис. 1
Существующая технология разработки карьеров

Fig. 1
Current open pit mining technology

При этом у горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий всегда существует проблема – куда девать горную массу, которая складывается в отвалах и хвостохранилищах.

Исследование и анализ проблемы

За период функционирования горнопромышленного комплекса России накоплено примерно 80–100 млрд т отходов недропользования и этот объем ежегодно увеличивается на 1,5–2 млрд т. Вследствие постоянно снижающегося содержания полезных ископаемых в добываемом сырье объем отходов, образующихся в результате его первичной переработки, постоянно увеличивается (рис. 2).

Ежегодно в северных и арктических территориях РФ образуется до 1 млрд т отвальных пород и твердых отходов. Результатом деятельности горных предприятий Кольского полуострова является образование более 150–200 млн т горной массы в год, которая складывается в отвалах, а общая площадь нарушенных земель приближается к 16 тыс. га [3]. К настоящему времени общий объем горной массы в отвалах составляет 6,4 млрд т. Только в Мурманской области уже несколько миллиардов тонн породы складировано в действующих и законсервированных хвостохранилищах.

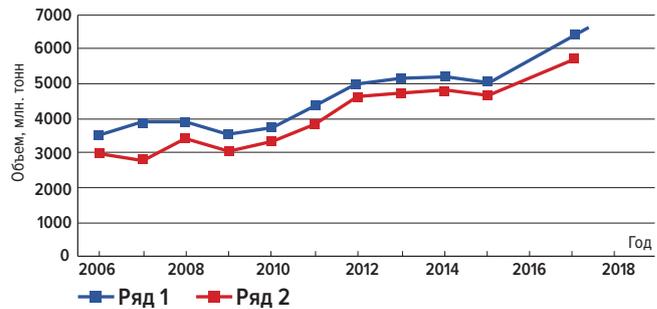


Рис. 2
Количество отходов, образованных в России по годам: ряд 1 – все отходы; ряд 2 – отходы от добычи полезных ископаемых
Источник: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/obrashchenie-s-otkhodami-proizvodstva-i-potrebleniya/otkhody-proizvodstva-i-potrebleniya/>

Fig. 2
Amount of waste generated in Russia by year:
Row 1: all kinds of waste;
Row 2: mining wastes
Source: <https://gosdoklad-ecology.ru/2017/obrashchenie-s-otkhodami-proizvodstva-i-potrebleniya/otkhody-proizvodstva-i-potrebleniya/>

В Кировском и Апатитском районах располагается около 200 млн т «хвостов» [4]. Кроме этого, имеются также отвалы вскрышных пород. В результате образуются огромные техногенные месторождения, где находится уже добытая горная масса [5]. Например, за длительное время работы ОАО «Апатит» в его хвостохранилищах накопилось 700 млн т горной массы, которые образовали техногенное апатитонегелиновое месторождение.

В Мурманской области, на юге Ямало-Ненецкого автономного округа, в низовьях Печоры (Ненецкий автономный округ), в Норильском промышленном районе, вокруг золотодобывающих районов на Чукотском полуострове и на севере Республики Саха (Якутия) отвалы и твердые отходы занимают значительные площади.

Общий объем промышленных отходов, накопленных на Урале, составляет примерно 9 млрд т [6].

В Западной Якутии добыча алмазосодержащей руды началась уже с середины прошлого столетия. За это время накоплено 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.

Норильский горно-металлургический комбинат, располагающийся на территории Таймырского (Долгано-Ненецкого) района, занимается добычей и переработкой медно-никелевой руды. Под хранение различных видов отходов, общая масса которых составляет около 1 млрд т, комбинат использует свыше 6000 га.

Сложившаяся система нерационального природопользования в отдельных арктических и северных территориях РФ привела к образованию значительно измененных в результате хозяйственной деятельности районов. Нарушение сложившегося динамического равновесия природной среды на этих территориях привело к изменению естественного геохимического фона, деградации растительности и почв, обеднению биоразнообразия, развитию эрозийных процессов и загрязнению окружающей среды [5].

Вследствие такого негативного воздействия на природу вблизи горнодобывающих предприятий, особенно в районах с экстремальными климатическими условиями, образуются техногенные пустыни [3; 5]. Антропогенные формы рельефа – отвалы и хвостохранилища приводят также к активизации сейсмической деятельности.

¹ Утилизация отходов – проблемы, пути, решения. Аналитический обзор ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ, 2015. Режим доступа: http://www.extech.ru/files/anr_2015/anr_5.pdf (дата обращения 10.09.2020).

Также происходит изменение площадей в категориях земель сельскохозяйственного и промышленного назначения, в землях лесного фонда и запаса: площади земель промышленности увеличиваются, а площади сельскохозяйственных земель и земель лесного фонда уменьшаются [6]. Общая площадь земель, занятых отходами, превышает 2000 тыс. км² [7]. Из них более 0,6 тыс. км² занято хвостохранилищами и шламонакопителями, более 1 тыс. км² – терриконами, отвалами, золо- и шлакоотвалами. При этом площадь отчуждаемых земель ежегодно увеличивается почти на 85–90 км² [7].

Следует отметить, что размер зоны техногенного поражения, образующейся вокруг техногенных массивов, может в десятки и даже сотни раз превышать площади собственно предприятия. Горнопромышленные отходы оказывают негативное воздействие на воздушный и водный бассейны, животный и растительный мир. Например, только в 2015 г. Качканарский ГОК выбросил в атмосферу 86,3 тыс. т разнообразных веществ: оксида углерода, пыли, оксида азота (больше, чем Нижнетагильский металлургический комбинат) [8]. Кроме того, для поддержания хвостохранилищ и отвалов ежегодно требуются значительные капитальные и материальные затраты.

Результаты

Авторами рассмотрено более 40 вариантов транспортных коридоров, которые планируются через территорию России. Все они прокладываются и строятся без учета ведения горных работ в данных регионах.

Строительство транспортных магистралей является наиболее материалоемкой областью по использованию нерудных материалов и связано с перемещением значительных объемов земляной массы, при значительной стоимости выполнения земляных работ. К основным требованиям успешного строительства транспортных магистралей относятся: климат региона; прохождение трассы, возможность соблюдения заданных темпов строительства, сравнительно близкое расположение строительного материала. Отсутствие твердых пород (скальный грунт, щебень) по предполагаемой трассе требует значительных затрат на транспортировку строительных материалов из удаленных районов. Поэтому при строительстве таких крупных объектов, как транспортные магистрали, большое значение приобретает возможность снижения себестоимости транспортирования требуемых объемов земляной массы.

Стратегическим потребителем отходов горнодобывающей и перерабатывающей промышленности может стать строительная промышленность, которая нуждается в материалах как малоресурсо- и энергоемких, так и обладающих уникальными свойствами по износостойкости, теплоизоляции, прочности и долговечности [6; 9–11]. При этом для производства строительных материалов пригодны более 30% вскрышных и очистных хвостов, практи-

чески все металлургические и топливные шлаки [10; 11].

Одним из вариантов уменьшения стоимости и сроков строительства, снижения экологической нагрузки горно-перерабатывающей промышленности в северных и арктических территориях может быть использование накопленной горной массы для строительства автомобильных и железных дорог [6; 9; 12] (рис. 3).

Порода в данных отвалах достаточно долгое время слезивалась, представляет разнокусковый массив и может быть использована в качестве материала для строительства транспортных магистралей. С учетом перспективы использования пустых пород в качестве материала для строительства транспортных магистралей, сама трасса должна пройти вблизи отвалов пустых пород. Поэтому важным моментом является также выбор территории, по которой должен пройти транспортный коридор.

Согласно п. 4.5² для сооружения земляного полотна допускается применять материалы породных отвалов, пригодные для возведения насыпей. В соответствии с табл. 4.1³ для возведения насыпей скальные грунты могут быть использованы без ограничений, а скальные грунты из слабывветривающихся, выветривающихся, легковыветривающихся пород (алевролитов, аргиллитов, мергелей, глинистых сланцев и др.), песчаные и глинистые грунты могут быть использованы при соблюдении технологии уплотнения отсыпаемых насыпей (соблюдение заданной толщины уплотняемого слоя, числа проходов уплотняющих машин и механизмов).

Для строительства двухпутных транспортных магистралей общей протяженностью 21 552 км и средней высотой насыпи четыре метра требуется около одного млрд м³ горной массы. Для сравнения протяженность трассы от Олёкминска до Юрюнг-Хая составляет 1958 км.

Согласно нашим расчетам, из отвала тр. Мир ПАО АК «АЛРОСА», может быть использовано более 40 млн м³. Даже если учитывать, что не весь попутный материал, получаемый при добыче алмазов, будет использоваться для строительства дорог, при средней ширине автодороги 12 м и высоте укладки, в среднем, 2–3 м, этого материала хватит более чем на 1000 км автодороги.

Из отвала тр. Удачная может быть использовано примерно в два раза больше материала (свыше 80 млн м³) и при таких же расчетах его хватит уже не менее чем на 2000 км автомобильных и железнодорожных полотен, включая вспомогательные разветвления.

Расчеты являются приблизительными и служат только для понимания ориентировочных объемов материала, который можно использовать при строительстве автомобильных и железнодорожных путей, включая другие соци-

2 Свод правил по проектированию и строительству: СП 32-104-98. Проектирование земляного полотна железных дорог колеи 1520 мм. М.: Госстрой России; 1999.

3 Там же.



Рис. 3
Предлагаемая технология строительства транспортных коридоров

Fig. 3
Proposed construction technology for main transport routes

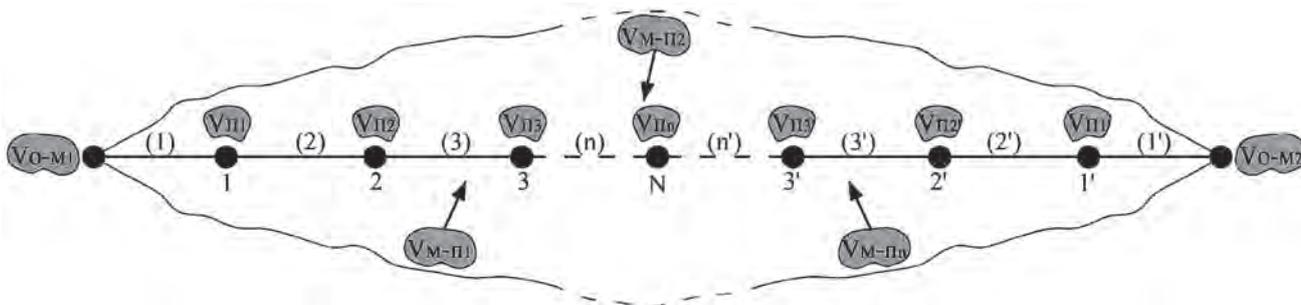


Рис. 4
 Развернутая схема строительства транспортной магистрали с учетом использования объемов пустых пород из отвалов основных и перспективных месторождений:
 V_{O-M1} – основное месторождение с существующими отвалами пустых пород; $V_{M-П1}$ – перспективное месторождение с формированием отвала пустых 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; $V_{П1}, V_{П2}, \dots, V_{Пn}$ – промежуточный отвал, формируемый в нестроительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 1; $V_{П1}, V_{П2}$ – промежуточный отвал, формируемый в нестроительный сезон путем завоза пустой породы железнодорожным транспортом с отвалов существующего основного месторождения 2; $V_{M-П1}, \dots, V_{M-Пn}$ – промежуточное месторождение, расположенное в зоне рентабельности перевозки пустой породы для возведения транспортной магистрали.

Fig. 4
 A detailed chart of transport road construction assuming the use of waste rock from dumps of the major and prospective deposits:
 V_{O-M1} – major deposit with existing waste dumps; $V_{M-П1}$ – prospective deposit where waste dumps are formed (1 – deposit number); 1, 2, n – number of the road bed completion point during the construction season when construction material is delivered from waste dumps of the existing major deposit #1; 1, 2, ..., n – number of the road bed completion point during the construction season when construction material is delivered from waste dumps of the existing major deposit #2; (1), (2), ..., (n) – number of the road bed section built during the construction season when construction material is delivered from waste dumps of the existing major deposit #1; (1), (2), ..., (n) – number of the road bed section built during the construction season when construction material is delivered from waste dumps of the existing major deposit #2; $V_{П1}, V_{П2}, \dots, V_{Пn}$ – temporary dump formed during the non-construction season by delivering waste rock from the dumps of the existing major deposit #1 by rail transport; $V_{П1}, V_{П2}$ – temporary dump formed during the non-construction season by delivering waste rock from the dumps of the existing major deposit #2 by rail transport; $V_{M-П1}, \dots, V_{M-Пn}$ – a secondary deposit located within the zone of economic transportation of waste rock for construction of the transportation road.

альные объекты. Но даже на данной стадии видно, какой экономический и экологический эффект может принести данный метод.

С учетом возможности применения пустых пород в качестве строительного материала при прокладке транспортных магистралей сама трасса должна проходить вблизи отвалов. Особенно это актуально, если строительство транспортной магистрали находится в непосредственной близости от местонахождения техногенного сырья. В этом случае, кроме экономии природного минерального сырья, сокращаются затраты на логистику, снижается негативное воздействие породного отвала на окружающую среду. При обнаружении новых месторождений полезных ископаемых следует сразу оценивать возможность непосредственного использования вскрышных пород для строительства транспортных магистралей без образования отвалов.

Рассмотрим особенности технологии строительства транспортных магистралей в данных регионах (рис. 4). Маршрут трассы следует выбирать с учетом данной схемы, то есть ее наложением на направление будущей транспортной магистрали. Далее необходимо проведение геологоразведки территорий, попавших в зону рентабельности перевозки пустой породы. При обнаружении новых месторождений полезных ископаемых следует сразу оценить возможность непосредственного использования вскрышных пород для строительства транспортных магистралей без образования отвалов.

Перечень основных работ, которые должны выполняться при строительстве транспортных магистралей, приведен в табл. 1. Данные работы разделены с учетом времени года.

Таблица 1
 Виды работ при возведении земляного полотна транспортных магистралей в зависимости от времени года

Table 1
 Types of work during construction of the road beds for the main transport routes depending on the season of the year

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: д, г, 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 табл. 1 следует, что одни и те же работы могут быть выполнены в разное время года. Учет трудозатрат каждого вида работ в разное время года позволит получить график движения рабочей силы и наиболее рационально распределить ресурсы в течение года.

Ниже 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 $V_{п1}$ (точка 1);

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

3. Отвал $V_{п2}$ формируется путем перевозки пустой породы железнодорожным транспортом в не строительный сезон (время года 2, 3, 4).

Участок 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 $V_{п2}$ (точка 2). При наличии в зоне рентабельности месторождений полезных ископаемых 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 $V_{п3}$ формируется путем перевозки пустой породы железнодорожным транспортом в нестроительный сезон (время года 2, 3, 4);

Технология использования пород старых отвалов для строительства дорог позволит значительно уменьшить их объем, либо, в будущем, полностью исключить их создание. Предполагается, что вскрышные породы, вывозимые из карьера, в условиях Арктики и прилегающих северных территорий будут доставляться непосредственно к строящимся участкам дорог. Это, безусловно, уменьшит не толь-

ко трудовые, временные и финансовые затраты на разработку месторождения, но и уменьшит промышленную нагрузку на экологическую обстановку региона.

Экономически целесообразное расстояние транспортирования горной (земляной) массы автотранспортом для строительства дорог в настоящее время составляет 40–50 км, а ж/д транспортом – 200–300 км. С По мере разработки принципиально новых многозвенных автопоездов и легкой строительно-дорожной железной дороги эти расстояния постепенно будут увеличиваться, достигая до 500 км автотранспортом и 1500 км – железнодорожным.

Для обеспечения этого требуется изготовление транспортных средств ПАО «БелАЗ», разработанных совместно с авторами – автопоездов грузоподъемностью 50–250 т; легкой строительно-дорожной железной дороги; новой дорожно-строительной техники на базе карьерных автосамосвалов; практически всей новой карьерной техники с принципиально новыми энергосиловыми установками и т. д.

Предлагаемая технология дает возможность получить значительный экономический эффект (отсутствуют затраты на транспортировку материалов из удаленных областей страны), уменьшить неблагоприятное влияние горных работ на окружающую среду, а в перспективе исключить образование отвалов. Отказ от строительства притрассовых карьеров позволит отказаться от строительства временных поселений для их разработки, что уменьшит экологический ущерб и позволит значительно снизить сроки и стоимость строительства магистралей.

Выводы

У горнодобывающих и горноперерабатывающих предприятий всегда существует проблема – куда девать горную массу, которая складывается в отвалах и хвостохранилищах. В то же время у дорожно-строительных предприятий всегда существует проблема, где взять земляную массу. Транспортные коридоры прокладываются и строятся без учета горных работ в данных регионах, которые дают значительные объемы горной массы, необходимой для строительства. При этом отдельно рассматривается проблема транспортировки горной (земляной) массы: кто будет возить, чем, возить и как уменьшить влияние перемещения трудовых ресурсов.

Данные предложения в определенной степени могут изменить технологию разработки месторождений открытым способом – от ликвидации отвалов пустых пород до безотвальной технологии разработки открытых горных работ.

Список литературы

1. Соколов Ю.И. Арктика: к проблеме накопленного экологического ущерба. *Арктика: экология и экономика*. 2013;(2):18–27. Режим доступа: <http://arctica-ac.ru/article/317/>.
2. Tayebi-Khorami M., Edraki M., Corder G., Golev A. Re-Thinking Mining Waste through an Integrative Approach Led by Circular Economy Aspirations. *Minerals*. 2019;9(5):286. DOI: 10.3390/min9050286.
3. Воробьевская Е.Л., Кириллов С.Н., Седова Н.Б., Слипенчук М.В., Тульская Н.И., Цымбал М.Н. Современное природопользование в центральной части Кольского полуострова и основные геоэкологические проблемы. *Экология и промышленность России*. 2017;21(6):30–35. DOI: 10.18412/1816-0395-2017-6-30-35.
4. Крашенинников О.Н. Белогурова Т.П., Лащук В.В., Пак А.А. Использование вскрышных пород месторождений Кольского полуострова для получения щебня. Режим доступа: <http://www.book.lib-i.ru/25fizika/877420-1-ispolzovanie-vskrishnih-porod-mestorozhdeniy-kolskogo-poluostrova-dlya-polucheniya-schebnya-kra.php>
5. Степанько Н.Г., Степанько А.А., Ткаченко Г.Г. Возможные экологические последствия экономического развития северных территорий Дальнего Востока России. *Арктика: экология и экономика*. 2018;(1):26–36. DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-26-36.
6. Тарасов П.И., Хазин М.Л., Голубев О.В. Снижение геоэкологической нагрузки горно-перерабатывающей промышленности северных и арктических территорий. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2019;(7):74–82. DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-74-82.
7. Волюнкина Е.П. Анализ состояния и проблем переработки техногенных отходов в России. *Вестник Сибирского государственного индустриального университета*. 2017;2(20):43–49. Режим доступа: <http://vestnik.sibsiu.ru/index.php/vestnik/article/view/164>.

8. Калабин Г.В., Горный В.И., Крицук С.Г. Оценка состояния окружающей среды территории Качканарского ГОКа по данным спутникового мониторинга. *Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых*. 2016;(2):179–187. Режим доступа: https://www.sibran.ru/journals/issue.php?ID=167366&ARTICLE_ID=167385.
9. Хазин М.Л., Тарасов П.И., Голубев О.В., Дмитриев В.Т. Пустые породы и отходы производства горно-обогатительных комбинатов – основа для строительства транспортных магистралей. *Известия Уральского государственного горного университета*. 2017;(4):90–94. DOI: 10.21440/2307-2091-2017-4-90-94.
10. Agyeman S., Ampadu S. I. K. Exploring the techno-economic feasibility of mine rock waste utilisation in road works: The case of a mining deposit in Ghana. *Waste Management & Research*. 2016;34(2):156–164. DOI: 10.1177/0734242X15611739.
11. Samir M., Alama F., Buysse P., van Nylen T., Ostanin O. Disposal of mining waste: Classification and international recycling experience. *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. 2018;41:02012. DOI: 10.1051/e3sconf/20184102012.
12. Abukhettala M. Use of recycled materials in road construction. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'16). Ottawa, Canada, May 5–6, 2016*. Available at: https://avestia.com/ICCSTE2016_Proceedings/files/paper/138.pdf.

References

1. Sokolov Yu.I. Arctic: Problem of the accumulated environmental damage. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*. 2013;(2):18–27. (In Russ.) Available at: <http://arctica-ac.ru/article/317/>.
2. Tayebi-Khorami M., Edraki M., Corder G., Golev A. Re-Thinking Mining Waste through an Integrative Approach Led by Circular Economy Aspirations. *Minerals*. 2019;9(5):286. DOI: 10.3390/min9050286.
3. Vorobjevskaya E.L., Kirillov S.N., Sedova N.B., Slipenchuk M.V., Tulskeya N.I., Tsybmal M.N. Modern natural resource management and geocological problems in the central part of the kola peninsula. *Ekologiya i promyshlennost Rossii = Ecology and Industry of Russia*. 2017;21(6):30–35. (In Russ.) DOI: 10.18412/1816-0395-2017-6-30-35.
4. Krashenninikov O.N., Belogurova T.P., Lashchuk V.V., Pak A.A. Use of overburden from Kola Peninsula deposits for crushed stone production. (In Russ.) Available at: <http://www.book.lib-i.ru/25fizika/877420-1-ispolzovanie-vskrishnih-porod-mestorozhdeniy-kolskogo-poluostrova-dlya-polucheniya-schebnya-kra.php>
5. Stepanko N.G., Stepanko A.A., Tkachenko G.G. Possible environmental consequences of the economic development of the northern territories of the Far East of Russia. *Arktika: ekologiya i ekonomika = Arctic: Ecology and Economy*. 2018;(1):26–36. (In Russ.) DOI: 10.25283/2223-4594-2018-1-26-36.
6. Tarasov P.I., Khazin M.L., Golubev O.V. Mitigation of environmental impact of mining and processing industry in the Russian north and arctic territories. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2019;(7):74–82. (In Russ.) DOI: 10.25018/0236-1493-2019-07-0-74-82.
7. Volynkina E.P. Analysis of the problems of industrial wastes processing in Russia. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrialnogo universiteta = Bulletin of the Siberian State Industrial University*. 2017;2(20):43–49. (In Russ.) Available at: <http://vestnik.sibsiu.ru/index.php/vestnik/article/view/164>.
8. Kalabin G.V., Gornyy V.I., Kritsuk S.G. Environmental appraisal of the area of Kachkanar mining-and-processing plant by satellite monitoring data. *Journal of Mining Science*. 2016;52(2):394–400. DOI: 10.1134/S1062739116020562.
9. Khazin M.L., Tarasov P.I., Golubev O.V., Dmitriev V.T. Using tailings and waste products of mining and processing plants for the construction of highways. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta = News of the Ural State Mining University*. 2017;(4):90–94. (In Russ.) DOI: 10.21440/2307-2091-2017-4-90-94.
10. Agyeman S., Ampadu S. I. K. Exploring the techno-economic feasibility of mine rock waste utilisation in road works: The case of a mining deposit in Ghana. *Waste Management & Research*. 2016;34(2):156–164. DOI: 10.1177/0734242X15611739.
11. Samir M., Alama F., Buysse P., van Nylen T., Ostanin O. Disposal of mining waste: Classification and international recycling experience. *E3S Web of Conferences*. – EDP Sciences. 2018;41:02012. DOI: 10.1051/e3sconf/20184102012.
12. Abukhettala M. Use of recycled materials in road construction. In: *Proceedings of the 2nd International Conference on Civil, Structural and Transportation Engineering (ICCSTE'16). Ottawa, Canada, May 5–6, 2016*. Available at: https://avestia.com/ICCSTE2016_Proceedings/files/paper/138.pdf.

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

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

Зырянов Игорь Владимирович – доктор технических наук, зам. директора по научной работе, Институт Якутнипроалмаз, г. Мирный, Российская Федерация; e-mail: ZyryanovIV@alrosa.ru

Неволин Дмитрий Германович – доктор технических наук, профессор, Уральский государственный университет путей сообщения, действительный член Российской академии транспорта, г. Екатеринбург, Российская Федерация; e-mail: innotrans@mail.ru

Информация о статье

Поступила в редакцию: 31.08.2020
 Поступила после рецензирования: 09.09.2020
 Принята к публикации: 15.09.2020

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

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

Igor V. Zyryanov – Doctor of Technical Sciences, Institute ‘Yakutnioproalmaz’ ‘ALROSA’ (PJSC), the deputy Director for Science, Russia, Mirny, e-mail: ZyryanovIV@alrosa.ru

Dmitry G. Nevolin – Full Member of the Russian Academy of Transport, Doctor of Engineering, Full Professor, Ural State University of Railway Transport, Ekaterinburg, Russian Federation; e-mail: innotrans@mail.ru

Article info:

Received: 31.08.2020
 Revised: 09.09.2020
 Accepted: 15.09.2020