

# К обоснованию условий и параметров формирования горнотехнических систем при строительстве и эксплуатации комплекса циклично-поточной геотехнологии в глубоких карьерах

В.С. Федотенко<sup>1</sup>, А.В. Власов<sup>2</sup>✉, С.Я. Кливер<sup>3</sup>, А.Г. Шадрунов<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Институт проблем комплексного освоения недр Российской академии наук им. академика Н.В. Мельникова, г. Москва, Российская Федерация

<sup>2</sup> АО «Карельский окатыш», г. Костомукша, Российская Федерация

<sup>3</sup> ООО «СПб-Гипрошахт», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>4</sup> ООО «В2-Групп», г. Москва, Российская Федерация

✉ av.vlasov2@kostomuksha.ru

**Резюме:** Увеличение глубины отработки месторождений полезных ископаемых открытым способом и расстояния транспортирования горной массы автомобильным транспортом приводит к росту общих затрат. Карьерный транспорт является основным источником воздействия на окружающую среду за счет высоких выбросов отработанных газов в атмосферу, пыления поверхности автодорог, перевозимой горной массы. В таких условиях оптимизация транспортной составляющей является приоритетной задачей. В статье рассмотрена специфика горных работ на глубоких карьерах. Показано, что в таких условиях переход на циклично-поточную технологию с обоснованием условий и параметров формирования горнотехнических систем является важной научно-практической задачей. Проанализированы достоинства и недостатки автомобильного и конвейерного видов транспорта. Определены условия, определяющие безопасный переход на циклично-поточную технологию, на примере Костомукшского карьера. Доказано, что обоснование условий и параметров формирования горнотехнических систем при строительстве и эксплуатации комплекса циклично-поточной технологии позволит повысить эффективность перехода на новую технологию, обеспечить управление параметрами производства горных работ в переходный период и перейти к надежным интеллектуальным технологиям эксплуатации горнотранспортного комплекса в условиях глубокого карьера на длительный период.

**Ключевые слова:** карьер, циклично-поточная технология, горнотехнические системы, Костомукшское месторождение, требования безопасности

**Для цитирования:** Федотенко В.С., Власов А.В., Кливер С.Я., Шадрунов А.Г. К обоснованию условий и параметров формирования горнотехнических систем при строительстве и эксплуатации комплекса циклично-поточной геотехнологии в глубоких карьерах. *Горная промышленность*. 2020;(5):102–107. DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-102-107.

## Justification of Conditions and Parameters for Designing of Mining Systems in Construction and Operation of Complex Conveyor Ore Transportation in Deep Open-Cast Mines

V.S. Fedotenko<sup>1</sup>, A.V. Vlasov<sup>2</sup>✉, S.Ya. Kliver<sup>3</sup>, A.G. Shadrinov<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;

<sup>2</sup> 'Karelsky Okatysh' JSC, Kostomuksha, Russian Federation

<sup>3</sup> 'SPb-Giproshakht' LLC, St. Petersburg, Russian Federation

<sup>4</sup> 'B2-Group' LLC, Moscow, Russian Federation

✉ av.vlasov2@kostomuksha.ru

**Abstract:** Increasing depths of open-cast mining and the distances of rock material haulage by trucks contribute to the rise in total costs. Open-cut transport is the main source of environmental impact due to high levels of exhaust emissions as well as dusting of the motor road surface and the transported rock mass. These factors make optimization of the transport component a priority. The paper considers the specific features of mining operations in deep open-pits. It is demonstrated that in such conditions the transition to conveyor ore transportation with justification of conditions and parameters for designing of mining systems is an important scientific and practical task. Advantages and disadvantages of the truck and conveyor haulage are analyzed. Conditions that determine safe transition to the conveyor ore transportation are defined using the case of the Kostomuksha open-cast mine. It is proven that justification of conditions and parameters for the design of the mining systems in construction and operation of a complex conveyor ore transportation system will help to improve the efficiency of transition to the new

technology, to ensure proper management of the mining operations during the transition period and to introduce reliable smart technologies for long-term operation of complex mining transport systems in deep open-cast mines.

**Keywords:** open cast mine, conveyor ore transportation, mining systems, Kostomuksha deposit, safety requirements

**For citation:** Fedotenko V.S., Vlasov A.V., Kliver S.Ya., Shadrinov A.G. Justification of Conditions and Parameters for Designing of Mining Systems in Construction and Operation of Complex Conveyor Ore Transportation in Deep Open-Cast Mines. *Gornaya promyshlennost = Russian Mining Industry*. 2020;(5):102–107. (In Russ.) DOI: 10.30686/1609-9192-2020-5-102-107.

## Введение

В настоящее время четко прослеживается тенденция увеличения глубины отработки месторождений полезных ископаемых открытым способом. Соответственно, с понижением глубины ведения горных работ происходит рост издержек, что в первую очередь, связано с увеличением расстояния транспортирования горной массы автомобильным транспортом. Доля затрат на транспортирование горной массы достигает 70% от общих затрат [1–3]. Кроме того, карьерный транспорт является основным источником воздействия на окружающую среду за счет высоких выбросов отработанных газов в атмосферу, пыления поверхности автодорог, перевозимой горной массы. Таким образом, оптимизация транспортной составляющей является приоритетной задачей. Проблема вентиляции глубоких карьеров является сложно решаемой задачей и становится причиной простоя горного оборудования.

## Специфика глубоких карьеров

Специфика глубоких карьеров заключается в следующем [4; 5]:

- значительно увеличиваются расстояния транспортирования горной массы, при этом резко возрастают затраты на ее подъем;
- возникает необходимость перехода на применение нескольких видов транспорта с оптимизацией области эффективного применения каждого, строительством пере-

грузочных пунктов;

- сокращается фронт горных работ, что затрудняет маневренность горнотранспортного оборудования;
- увеличивается частота перемещения транспортных коммуникаций, пунктов перегрузки внутри карьера и пр.;
- усложняется инженерное обеспечение горных работ (электроснабжение, водоотведение, вентиляция, содержание автодорог, диспетчеризация транспортного обслуживания);
- увеличиваются запыленность и концентрация вредных веществ в атмосфере карьера, особенно на нижних горизонтах [6].

Внутри карьера грузы перемещаются по горизонтальным и слабонаклонным трассам и трассам с крутыми углами наклона, что приводит к повышенному износу транспортных средств.

По принципу действия различают транспорт прерывного (циклического) и непрерывного (поточного) действия, по характеру работы – подвижный (мобильный) и стационарный/полустационарный [4]. Из средств непрерывного действия, основным преимуществом которых является независимость производительности от длины транспортирования, что является весьма важным при работе карьеров, выделяется конвейерный транспорт. Практика горных работ свидетельствует о высоких преимуществах конвейерной геотехнологии при отработке глубоких горизонтов карьера.

В табл. 1 приведены основные достоинства и недостат-

**Таблица 1**  
Сравнение автомобильного и конвейерного видов транспорта

**Table 1**  
Comparison of truck and conveyor modes of transportation

Вид транспорта	Достоинства	Недостатки
Автосамосвалы	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокая маневренность и мобильность, независимость в передвижении;</li> <li>– быстрый ввод в действие в начальный период;</li> <li>– относительно простое устройство заездов;</li> <li>– удобство во вскрытии и отработке горизонтов в зажатых условиях, обеспечение максимального темпа углубки;</li> <li>– возможность работы на различных источниках энергии;</li> <li>– широкие возможности внедрения автоматизации и диспетчеризации</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– высокое отрицательное влияние дальности транспортирования на издержки производства;</li> <li>– большой штат персонала;</li> <li>– значительное влияние на окружающую среду (выхлопные газы, пыление);</li> <li>– трудность обслуживания машин с двигателями внутреннего сгорания;</li> <li>– высокие затраты на сооружение и эксплуатацию карьерных автодорог</li> </ul>
Комплекс дробильного и конвейерного оборудования	<ul style="list-style-type: none"> <li>– равномерность и непрерывность потока; незначительное снижение издержек с ростом глубины;</li> <li>– минимальная протяженность и стационарность транспортных путей, наименьший объем горно-капитальных работ на строительстве траншей;</li> <li>– относительно низкие расходы на энергоносители;</li> <li>– высокая производительность труда;</li> <li>– полная автоматизация процесса;</li> <li>– наименьшее влияние на окружающую среду</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>– необходимость предварительного дробления крупнокусковых пород;</li> <li>– жесткие требования к абразивности и влажности материала;</li> <li>– взаимозависимость всех звеньев поточной части;</li> <li>– сложное обслуживание системы, часто повышенный износ ленты;</li> <li>– затруднена эксплуатация в условиях отрицательных температур;</li> <li>– высокая трудоемкость и сроки строительства и переноса стационарных пунктов и оборудования;</li> <li>– загрязнение атмосферы карьера;</li> <li>– высокие затраты на сооружение и эксплуатацию карьерных дорог;</li> <li>– высокое влияние человеческого фактора на безопасность движение, в связи с этим, повышение риска аварий и травматизма;</li> <li>– повышенный износ шин, расход топлива и запчастей</li> </ul>

ки автомобильного и конвейерного видов транспорта [1; 4; 7–9].

Из табл. 1 видно, что недостатки одного вида транспорта хорошо компенсируются другим. Поэтому данные виды транспорта хорошо дополняют друг друга, особенно в условиях глубоких карьеров, когда необходимо обеспечить мобильность и маневренность при отработке и вскрытии глубоких нижних горизонтов, но при этом снизить повышенные затраты на доставку горной массы при большой разнице отметок транспортирования на поверхность. Поэтому обоснование условий и параметров формирования горнотехнических систем при переходе с транспорта циклического действия на циклично-поточный является важной научно-практической задачей.

### **Циклично-поточная технология**

Перспективность перехода на циклично-поточную технологию (далее ЦПТ) отмечается в работах многих авторов [1–4; 10–19]. Основные вопросы циклично-поточной геотехнологии рассмотрены в трудах академиков Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого, член-корр. РАН В.Л. Яковлева, профессоров М.В. Васильева, Б.В. Фаддеева, М.Г. Новожилова, В.С. Хохрякова, М.Г. Потапова, Т.И. Томакова, В.И. Галкина, Е.Е. Шешко и др.

При переходе на ЦПТ в границах карьера размещаются мощные дробильно-перегрузочные пункты (ДПП) с дальнейшей транспортировкой горной массы на поверхность конвейерным транспортом. Доставка горной массы до ДПП осуществляется автомобильным транспортом по коротким карьерным маршрутам (до 2–2,5 км). В работах [10; 18; 19] приведены следующие оптимальные места установки дробильно-сортировочных и перегрузочных установок: временно нерабочие или нерабочие участки борта карьера, порталы подземных горных выработок (штолен, наклонных стволов, съездов), оборудование наклонных траншей.

Очевидно, что при определении местоположения конвейерных систем предпочтительно ориентироваться на нерабочие участки карьера или участки, имеющие наибольший срок стояния без капитального ремонта, значительные пространственные размеры и возможность увеличения емкости приемных пунктов.

Автоматизация управления параметрами горных работ в зоне планируемого размещения комплекса ЦПТ позволит создать безопасные условия при строительстве и эксплуатации комплекса, оптимизировать объемы горно-капитальных работ, обеспечить подъезд к дробильным машинам по кратчайшим внутрикарьерным маршрутам. Особое внимание здесь следует обратить на следующие параметры горнотехнических систем: ширина и угол наклона траншеи (бермы) для размещения конвейеров, линейные параметры площадки для размещения дробильных машин и площадки разгрузки автосамосвалов в бункер, размеры и габариты приемного бункера, высота и угол наклона уступов в районе размещения комплекса ЦПТ, ширина предохранительной бермы, вид системы и способ управления качеством рудопотоков.

С точки зрения обеспечения длительной устойчивости формируемых горнотехнических конструкций определяющим фактором будет процесс подготовки пород к выемке. Управление параметрами буровзрывных работ позволит обеспечить максимальную сохранность законтурного массива горных пород и, как следствие, исключить сооружение подпорных стен в районе размещения

дробильных машин, минимизировать решения и затраты по укреплению откосов уступов. К особенностям здесь следует отнести часто «нестандартную» конфигурацию взрывааемых блоков, связанную с необходимостью формирования площадок особой формы для размещения оборудования поточной части, а также стесненные условия выполнения работ.

Особенно важен вопрос обоснования параметров взрывных работ при строительстве и эксплуатации комплекса ЦПТ. Размещение массивного полустационарного оборудования в границах карьера создает значительные риски его повреждения при взрывных работах. Кроме управления параметрами непосредственно взрывных работ на стадии горно-капитальных работ, необходимо определить минимальное расстояние от взрывных работ будущих периодов до оборудования. Уменьшение данного параметра позволит сократить объем и затраты на ведение горно-капитальных работ.

На подавляющем большинстве карьеров горные работы ведутся без учета комбинированного транспорта в будущем, требуется значительный ресурс на изменение конфигурации горных работ под размещение нового оборудования, технологии работы, на организационную перестройку [3]. Горнодобывающим предприятиям требуется время для наработки нового опыта. Переход на ЦПТ вносит значительные изменения во всех направлениях деятельности ГОКа. В условиях постоянно усложняющихся условий производства работ (увеличение глубины, сложные горно-геологические условия), от успешного решения данных задач зависит жизнеспособность ГОКов. Все данные аргументы показывают важность и актуальность решения поставленных задач.

Идея заключается в возможности оптимизации горно-капитальных работ при строительстве комплекса ЦПТ и повышении эффективности его эксплуатации за счет обоснования условий и параметров формирования комплекса ЦПТ на борту карьера. Объектом исследования являются карьеры и разрезы, работающие или планирующие переход на ЦПТ, технологические параметры горнотехнических систем. Предмет исследования – связь параметров производства горных работ с эффективностью строительства и эксплуатации комплекса ЦПТ.

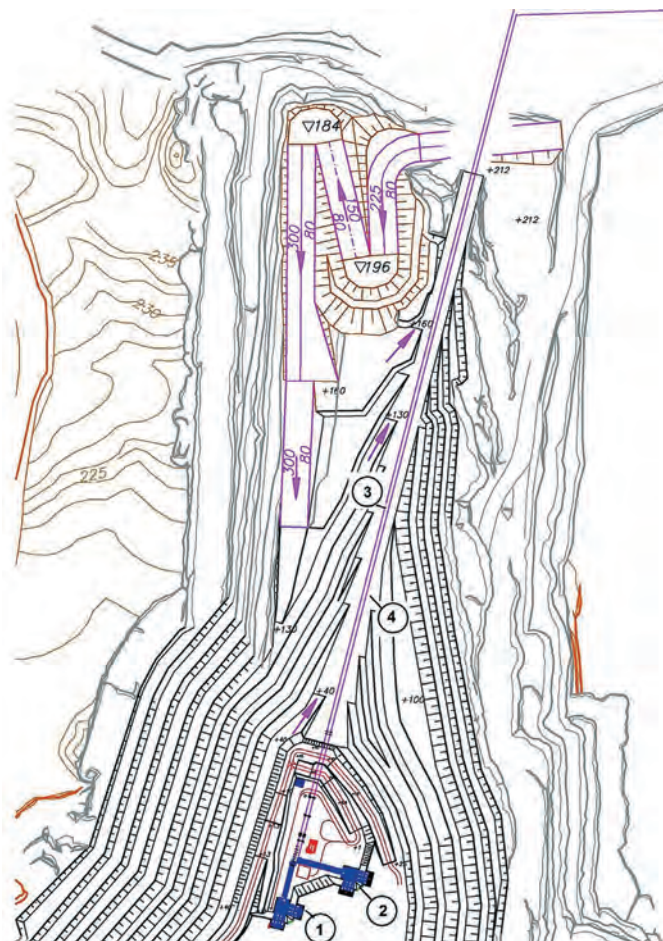
### **Проект циклично-поточной технологии Костомукшского месторождения**

Проект циклично-поточной технологии на Центральном участке карьера Костомукшского месторождения предусматривает строительство внутри карьера рудного и вскрышного дробильно-транспортных комплексов, а также комплекса сухой магнитной сепарации. Данный принцип внутрикарьерного размещения оборудования ЦПТ обеспечивает экономическую и производственную эффективность работы предприятия.

Комплекс предназначен для дробления и транспортировки горной массы из карьера на поверхность (рис. 1). Горная масса будет подаваться на дробильные установки автотранспортом по оптимально коротким внутрикарьерным маршрутам и далее наклонными ленточными конвейерами транспортироваться до поверхности. Высота подъема конвейерами руды – 230 м, вскрышных пород – 320 м. Руда ленточными конвейерами подается на перегрузочно-накопительный рудный склад, вскрышные породы – в отвал.

Для обеспечения безопасного и эффективного функци-





**Рис. 1**  
Схема расположения дробильной установки на борту карьера: 1 – рудный дробильно-транспортный комплекс; 2 – вскрышной дробильно-транспортный комплекс; 3 и 4 – рудный и вскрышной главные конвейеры

**Fig. 1**  
Layout of the crushing plant on the open pit side: 1 – complex ore crushing and transport facilities; 2 – complex overburden crushing and transport facilities; 3 and 4 – ore and overburden main conveyors

онирования рудно-вскрышного комплекса оборудования для Центрального участка карьера Костомукшского месторождения обоснованы и разработаны мероприятия по обеспечению устойчивости массива горных пород в зоне размещения объектов ЦПТ на длительный период с уче-

том совместного действия статических и динамических нагрузок. Последнее обусловлено воздействием динамических нагрузок от работы стационарного оборудования погрузочно-дробильного комплекса, а также от разгрузки автосамосвалов и сейсмического воздействия массовых взрывов на карьере при ведении горных работ.

Условиями, определяющими безопасный переход на циклично-поточную технологию, являются:

- определение фактических и допустимых нагрузок на массив горных пород от воздействия рампы с учетом автосамосвалов (движение, торможение, разгрузка и т.п.), взрывных и других работ, в т.ч. аварийных;
- установление конструктивных параметров горнотехнической системы, обеспечивающих устойчивость массива горных пород;
- разработка конструктивных мероприятий по укреплению массива горных пород;
- обоснование параметров зоны особого режима ведения горных работ с минимальным воздействием на приконтурный массив;
- оценка влияния взрывных работ в карьере на эксплуатацию комплекса циклично-поточной технологии;
- определение параметров конвейерного отвала, обеспечивающих его устойчивость.

Технологическая схема участка циклично-поточной технологии с размещением комплекса на борту карьера, специфика и необходимые условия безопасной эксплуатации ЦПТ при отработке глубоких горизонтов Костомукшского месторождения приняты в качестве базовых при оценке устойчивости конструктивных элементов формируемых горнотехнических конструкций для обеспечения эффективной и безопасной работы комплекса циклично-поточной технологии.

### Заключение

Внедрение циклично-поточной технологии, особенно в условиях глубоких карьеров, является одним из основных перспективных направлений оптимизации развития горных работ. Обоснование условий и параметров формирования горнотехнических систем при строительстве и эксплуатации комплекса ЦПТ позволит повысить эффективность перехода Костомукшского карьера на новую технологию, обеспечить управление параметрами производства горных работ в переходный период и перейти к надежным интеллектуальным технологиям эксплуатации горнотранспортного комплекса в условиях глубокого карьера на длительный период.

### Список литературы

1. Бахтурин Ю.А. Вопросы развития карьерного транспорта. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2008;(S8):186–210. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12965934>
2. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Проблемы совершенствования транспортных систем в горной промышленности России. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2011;(S1):485–507. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17293099>
3. Еремин Г.М. Повышение границ открытого способа и глубины карьеров при применении эффективных способов вскрытия и систем транспорта горной массы с глубоких горизонтов. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2001;(7):68–72. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15221365>
4. Васильев М.В. *Транспорт глубоких карьеров*. М.: Недра; 1983. 295 с. Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-transport-glubokih-karerov.pdf>

5. Куролов А.А. *Формирование транспортной схемы глубоких карьеров технологическими модулями при применении мобильных дробильно-перегрузочных комплексов: автореф. дис. ... канд. техн. наук.* М.; 2007. 16 с. Режим доступа: <http://www.dslib.net/geo-tachnology/formirovanie-transportnoj-shemy-glubokih-karerov-tehnologicheskimi-moduljami-pri.html>
6. Шешко О.Е. Эколого-экономические предпосылки перехода на циклично-поточную технологию в глубоких карьерах. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2012;(2):45–49. Режим доступа: [https://www.giab-online.ru/files/Data/2012/2/Sheshko\\_2\\_2012.pdf](https://www.giab-online.ru/files/Data/2012/2/Sheshko_2_2012.pdf)
7. Репин Н.Я., Репин Л.Н. *Процессы открытых горных работ.* Ч. 3. Перемещение и складирование горных пород. М.: Горная книга; 2013. 221 с. Режим доступа: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-processy-otkrytyh-gornyh-rabot-chast-3-peremeshchenie-i-skladirovanie-gornyh-p.pdf>
8. Ржевский В.В. *Открытые горные работы.* Часть 1. Производственные процессы. М.: Недра; 1985. 509 с. Режим доступа: <http://basemine.ru/11/otkrytye-gornye-raboty-chast-1/>
9. Трубецкой К.Н., Потапов М.Г., Веницкий К.Е., Мельников Н.Н. и др. *Открытые горные работы. Справочник.* М.: Горное бюро; 1994. 590 с. Режим доступа: <http://www.geokniga.org/books/1747>
10. Берсенева В.А. Кармаев Г.Д., Семенкин А.В., Сумина И.Г. Схемы циклично-поточной технологии при различном залегании месторождений полезных ископаемых (обзор применяемых и предлагаемых схем ЦПТ). *Проблемы недропользования*. 2018;(4):13–21. DOI: 10.25635/2313-1586.2018.04.013.
11. Зубович П.Т., Селезнев А.В. О целесообразности глубины ввода конвейера при комбинированном транспорте. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2004;(2):182–185. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9733659>
12. Иоффе А.М., Селезнев А.В. Обоснование рациональной области применения ЦПТ на карьерах. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2009;(3):342–353. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13055893>
13. Ракишев Б.Р., Молдабаев С.К., Саменов Г.К., Нургалиева М.С. Развитие рабочей зоны угольных разрезов при переходе на циклично-поточные технологии. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2013;(6):58–66. Режим доступа: [https://www.giab-online.ru/files/Data/2013/6/58-66\\_Rakishev\\_6\\_2013.pdf](https://www.giab-online.ru/files/Data/2013/6/58-66_Rakishev_6_2013.pdf)
14. Решетняк С.П. Современные тенденции в проектировании циклично-поточной технологии на карьерах. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2015;(S56):126–133. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25238299>
15. Супрун В.И., Пастихин Д.В., Радченко С.А., Перелыгин В.В. Проблемы и перспективы использования циклично-поточной технологии для отработки крупных угольных месторождений. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014;(S1):332–346. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22486669>
16. Юдин А.В. Сравнительная эффективность и области применения транспортно-перегрузочных систем в глубоких карьерах. *Известия Уральского государственного горного университета*. 1993;(3):16–22. Режим доступа: <https://iuggu.ru/download/3zip.pdf>
17. Яковлев В.Л., Яковлев В.А. Актуальные проблемы карьерного транспорта и перспективы его развития. *Проблемы недропользования*. 2017;(4):5–9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30773691>
18. Яковлев В.Л. Исследование переходных процессов – новый методологический подход к разработке и развитию инновационных технологий добычи и рудоподготовки минерального сырья при освоении глубокозалегающих сложноструктурных месторождений. *Проблемы недропользования*. 2017;(2):5–14. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29392565>
19. Галкин В.И., Шешко Е.Е. Обоснование областей эффективного применения специальных видов конвейеров на карьерах. *Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал)*. 2014;(S1):400–410. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22486674>
20. Кармаев Г.Д., Берсенева В.А., Семенкин А.В., Сумина И.Г. Технические и технологические аспекты применения крутонаклонных конвейеров на карьерах. *Проблемы недропользования*. 2014;(3):154–163. Режим доступа: <https://trud.igdur.ru/edition/3/16>

**References**

1. Bakhturin Yu.A. Issues of open-cut transport development. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2008;(S8):186–210. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=12965934>
2. Galkin V.I., Sheshko E.E. Issues of transport systems improvement in the Russian mining industry. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2011;(S1):485–507. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=17293099>
3. Eremin G.M. Increasing the boundaries of open-cast method and depths of pits through efficient development methods and rock mass transportation systems from deep levels. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2001;(7):68–72. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=15221365>
4. Vasiliev M.V. *Transportation in deep open cast mines.* Moscow: Nedra; 1983. 295 p. (In Russ.) Available at: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-transport-glubokih-karerov.pdf>
5. Kurolov A.A. *Development of transport systems in deep open cast mines using technological modules with application of mobile crushing and transfer complexes: synopsis of PhD thesis in Engineering.* Moscow; 2007. 16 p. (In Russ.) Available at: <http://www.dslib.net/geo-tachnology/formirovanie-transportnoj-shemy-glubokih-karerov-tehnologicheskimi-moduljami-pri.html>
6. Sheshko O.E. Environmental and economic factors of transition to conveyor ore transportation in deep open-cast mines. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2012;(2):45–49. (In Russ.) Available at: [https://www.giab-online.ru/files/Data/2012/2/Sheshko\\_2\\_2012.pdf](https://www.giab-online.ru/files/Data/2012/2/Sheshko_2_2012.pdf)
7. Repin N.Ya., Repin L.N. *Surface mining processes.* Part 3. Rock mass relocation and storage. Moscow: Gornaya kniga; 2013. 221 p. (In Russ.) Available at: <http://www.geokniga.org/bookfiles/geokniga-processy-otkrytyh-gornyh-rabot-chast-3-peremeshchenie-i-skladirovanie-gornyh-p.pdf>

8. Rzhnevsky V.V. *Surface mining*. Part 1. Production processes. Moscow: Nedra; 1985. 509 p. (In Russ.) Available at: <http://basemine.ru/11/otkrytye-gornye-raboty-chast-1/>
9. Trubetskoy K.N., Potapov M.G., Vinitsky K.E., Melnikov N.N. et al. *Surface mining. Reference book*. Moscow: Gornoe byuro; 1994. 590 p. (In Russ.) Available at: <http://www.geokniga.org/books/1747>
10. Bersenev V.A., Karmayev G.D., Semenkin A.V., Sumina I.G. Schemes of cyclic-flow technology by various bedding of mineral deposits (reviewing of existing and proposed schemes of CFT). *Problemy nedropolzovaniya*. 2018;(4):13–21. (In Russ.) DOI: 10.25635/2313-1586.2018.04.013.
11. Zubovich P.T., Seleznev A.V. On reasonable depth of conveyor utilization in combined transport systems. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2004;(2):182–185. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9733659>
12. Ioffe A.M., Seleznev A.V. The justification of feasible application area of cyclical-and-continuous method at open pit minings. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2009;(3):342–353. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=13055893>
13. Rakishev B.R., Moldabayev S.K., Samenov G.K., Nurgalieva M.S. Expansion of working area of open cast mines during the changeover to cycling progressive operations. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2013;(6):58–66. (In Russ.) Available at: [https://www.giab-online.ru/files/Data/2013/6/58-66\\_Rakishev\\_6\\_2013.pdf](https://www.giab-online.ru/files/Data/2013/6/58-66_Rakishev_6_2013.pdf)
14. Reshetnyak S.P. Present-day design tendencies of cyclical-and-continuous methods for open pit mining. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2015;(S56):126–133. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25238299>
15. Suprun V.I., Pastichin D.V., Radchenko S.A., Perelygin V.V. Problems and prospects of cyclic-and-continuous technology in development of large ore-and coalfields. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014;(S1):332–346. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22486669>
16. Yudin A.V. Comparative Efficiency and Spheres of Application of Transport Leading Systems in Deep Quarries. *Izvestiya Uralskogo gosudarstvennogo gornogo universiteta = News of the Ural State Mining University*. 1993;(3):16–22. (In Russ.) Available at: <https://iuggu.ru/download/3zip.pdf>
17. Yakovlev V.L., Yakovlev V.A. Actual problems of pit transport and its development prospects. *Problemy nedropolzovaniya*. 2017;(4):5–9. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=30773691>
18. Yakovlev V.L. The study of transient processes as a new methodological approach to the development of innovative technologies for extraction and ore preparation of mineral raw materials mining deep-seated complex-structured deposits. *Problemy nedropolzovaniya*. 2017;(2):5–14. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29392565>
19. Galkin V.I., Sheshko E.E. Substantiation of areas of effective application of special types of conveyors on the open pit mine. *MIAB. Mining Inf. Anal. Bull.* 2014;(S1):400–410. (In Russ.) Available at: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=22486674>
20. Karmaev G.D., Bersenev V.A., Semenkin A.V., Sumina I.G. Technical and technological aspects of steep-inclined conveyors employment in PITs. *Problemy nedropolzovaniya*. 2014;(3):154–163. (In Russ.) Available at: <https://trud.igduran.ru/edition/3/16>

#### **Информация об авторе**

**Федотенко Виктор Сергеевич** – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, Институт проблем комплексного освоения недр им. академика Н.В. Мельникова Российской академии наук, г. Москва, Российская Федерация;  
**Власов Антон Владимирович** – старший менеджер по проектированию, АО «Карельский окатыш», г. Костомукша, Российская Федерация; e-mail: [av.vlasov2@kostomuksha.ru](mailto:av.vlasov2@kostomuksha.ru)  
**Кливер Сергей Яковлевич** – главный инженер проектов, ООО «СПб-Гипрошахт», г. Санкт-Петербург, Российская Федерация;  
**Шадрунов Александр Геннадиевич** – генеральный директор, ООО «В2-Групп», г. Москва, Российская Федерация.

#### **Информация о статье**

Поступила в редакцию: 07.09.2020  
 Поступила после рецензирования: 15.09.2020  
 Принята к публикации: 25.09.2020

#### **Information about the author**

**Viktor S. Fedotenko** – Doctor of Technical Sciences, Leading Research Associate, Institute of Comprehensive Exploitation of Mineral Resources of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation;  
**Anton V. Vlasov** – Senior Design Manager, ‘Karelsky Okatysh’ JSC, Kostomuksha, Russian Federation; e-mail: [av.vlasov2@kostomuksha.ru](mailto:av.vlasov2@kostomuksha.ru)  
**Sergey Ya. Kliver** – Chief Project Engineer, ‘SPb-Giproshakht’ LLC, St. Petersburg, Russian Federation;  
**Alexander G. Shadrinov** – Director General, ‘B2-Group’ LLC, Moscow, Russian Federation.

#### **Article info:**

Received: 07.09.2020  
 Revised: 15.09.2020  
 Accepted: 25.09.2020