

УДК 622.61 : 338

## Оценка системы горного транспорта руды при разработке апатит-нефелинового месторождения

Е.В. Громов<sup>1</sup>, В.Г. Едигарьев<sup>1,2</sup>, А.Л. Билин<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Горный институт КНЦ РАН

<sup>2</sup> Апатитский филиал МГТУ, кафедра горного дела

**Аннотация.** В статье описаны результаты технико-экономического сравнения нескольких вариантов транспортных систем для перевозки апатит-нефелиновой руды от месторождения Партомчорр до обогатительной фабрики ГОКа "Олений ручей". Предложена рациональная горнотранспортная система, учитывающая горно-геологические особенности района.

**Abstract.** The paper describes results of technical-and-economical comparison of some transportation system options for apatite-nepheline haulage from the Partomchorr deposit to the "Oleni Ruchei" processing plant. The reasonable mining-and-transportation system considering mining-and-geological characteristic of the area has been introduced.

**Ключевые слова:** месторождение, горнотранспортная система, тоннель, железная дорога, конвейер, электровоз, капитальные затраты, эксплуатационные затраты, себестоимость

**Key words:** deposit, mining-and-transport system, tunnel, railway, conveyer, electric locomotive, capital expenses, operating expenses, producing costs

### 1. Введение

Для современного горнопромышленного комплекса России и всего мира в целом характерен переход к разработке месторождений с низкими содержаниями полезного компонента и с худшими горно-геологическими условиями. Подобный переход сопровождается непростым поиском наиболее рациональных и эффективных технологических решений для разработки таких месторождений (*Козырев и др.*, 2009). Одним из актуальных вопросов освоения месторождения является обоснование эффективной горнотранспортной системы (включающей операции погрузки, транспортирования и разгрузки), обеспечивающей доставку руды из подземного рудника до обогатительной фабрики. На доставку и транспортирование может приходиться до 50 % всех затрат по добыче (*Лухов*, 1991).

В 2006 г. ЗАО "СЗФК" получило право пользования недрами с целью добычи апатит-нефелиновых руд месторождения Партомчорр. Реализация проекта освоения месторождения является важной задачей экономического развития России, связанной с увеличением фосфатно-сырьевой базы химической промышленности страны.

Месторождение расположено на территории Кировского района, в пределах Хибинского щелочного массива, в 30 км севернее г. Кировска, с которым связано грунтовой дорогой. До железнодорожной станции Имандра – 30 км. Приповерхностная часть рудной зоны приурочена к подножиям горной цепи Кузьпор-Рисчорр-Партомчорр-Лявочорр в пределах абс. отм. от +250÷300 м. Запасы комплексных апатит-нефелиновых руд составляют порядка 750 млн т руды (*Беличенко и др.*, 1984).

Земельный отвод будущего рудника граничит с Симбозерским заказником, вследствие чего лицензионным соглашением наложены ограничения на разработку месторождения, обусловленные необходимостью применения природосберегающих технологий добычи. В связи с этим строительство обогатительной фабрики на территории предприятия не представляется возможным. Предполагается, что переработка руды будет осуществляться на обогатительной фабрике, расположенной на территории ГОКа "Олений ручей", при расстоянии транспортирования по кратчайшему (прямолинейному) маршруту около 30 км.

Таким образом, выбор и обоснование эффективной горнотранспортной системы для доставки руды из Партомчоррского рудника на ГОК "Олений ручей" является важной научной задачей, а внедрение природоохранных технологий транспортирования с заданной производительностью имеет высокую практическую значимость.

### 2. Анализ опыта применения транспортных систем (подземный рудник – обогатительная фабрика) в горно-геологических условиях Хибинского массива

В настоящее время традиционным видом промышленного транспорта на горных предприятиях (в том числе для ОАО "Апатит") является железнодорожный (ж/д) транспорт. Однако применение наземного ж/д транспорта для решения поставленной задачи ограничивается рядом экологических и геолого-экономических факторов:

– сложность обслуживания наземной железной дороги в зимний период (в результате частых сильных метелей в понижениях рельефа и на склонах долин, толщина снежного покрова может достигать 10÷12 м, что вызывает перегрузку склонов, создает возможность образования снежных лавин и увеличивает частоту их схода);

– обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов требует возведения защитных сооружений, организации надзора за ними и проведения специальных предохранительных мероприятий, таких как плановое обрушение снежных лавин (Исаенко, Могилевич, 1980);

– затруднительная эксплуатация при больших перепадах высотных отметок (от +250 м в долинах до +1100 м на вершинах гор), крутизне склонов гор (до 30÷40°), что также увеличивает расстояния транспортирования и объемы земляных работ для создания необходимых уклонов трассы;

– увеличение нагрузки на окружающую среду (потери руды при транспортировании и большой объем земляных работ при строительстве трассы) (Беличенко и др., 1984).

В качестве аналога можно рассмотреть железнодорожную ветку объединения "Апатит". Железная дорога функционирует с 1930 г. и предназначена для перевозки апатитовой руды от мест добычи к обогатительным фабрикам. С самого начала ее нормальная работа осложнялась сходом лавин. Исследования доказали, что движение поездов оказывает негативное влияние на зоны зарождения лавин, находящихся в радиусе менее 700 м. Проблема радикальной защиты от лавин была решена в 1959 г., с введением в эксплуатацию Юкспорского тоннеля длиной 2,8 км, а ж/д ветка практически утратила свое значение вплоть до 1979 г. (Ржевский, Матвиенко, 1980).

В конце 2012 г. на Кировском руднике планируется ввести в эксплуатацию главный ствол № 2 производительностью 8,2 млн т руды в год. На стадии проектирования возникли трудности с транспортировкой руды на фабрику. Транспортировать руду с главного ствола № 2 на действующий сегодня Юкспорский тоннель № 1 невозможно из условий допустимых радиусов поворотов ж/д пути. Железнодорожная ветка, проложенная по склону Юкспорской горы, является старой, на тепловозной тяге и расположена в лавиноопасной зоне. Исходя из этого было принято решение о проходке Юкспорского тоннеля № 2.

Сегодня тоннель пройден вглубь уже на 840 метров. Проектная длина тоннеля 1634 метра. Тоннель должен обеспечить надежную транспортировку руды, добытой на 170-м и 90-м горизонтах Кировского рудника. К тому же появится возможность капитального ремонта Юкспорского тоннеля № 1 (Шшикина, 2011).

Вышесказанное позволяет говорить о том, что для месторождений Хибинского массива целесообразно рассматривать строительство тоннелей как одного из наиболее рациональных способов транспорта рудных масс от рудника до обогатительной фабрики.

### 3. Сравнительная оценка способов транспортирования руды

Выполнен анализ транспортирования руды от месторождения Партомчорр до обогатительного комплекса на "Оленьем Ручье". Предполагаемая годовая производительность будущего рудника 7 млн т. Доставку руды подразумевается осуществлять по тоннелям. Оценка транспортных систем выполнена на основе технико-экономического расчета, с учетом капитальных и эксплуатационных затрат для трех различных вариантов:

1) контактными рудничными электровозами КТ-28 со сцепной массой 28 т, в составах с вагонетками типа ВГ10 полезной емкостью 10 м<sup>3</sup>, в комплексе с люковой погрузкой и разгрузкой в круговых опрокидах. Тоннель оборудован двухпутевой железнодорожной веткой (грузовой и порожней) с шириной колеи 750 мм;

2) магистральными электровозами типа EL21 со сцепной массой 160 т, в составах с думпкарами 2ВС-105 грузоподъемностью 105 т, в комплексе с люковой погрузкой. Тоннель оборудован однопутевой ж/д веткой с шириной колеи 1524 мм.

3) двумя ленточными конвейерами протяженностью по 15 км, оснащенными резиновотросовой лентой типа St 7100 с шириной 1200 мм, в комплексе с загрузкой пластинчатым питателем.

При проектировании горнотранспортных систем использована цифровая модель Хибинского массива, разработанная в системе "MINE FRAME" (рис. 1). В результате получены модели, позволившие уточнить пространственное расположение тоннелей, с учетом рельефа поверхности.

По проекту освоения месторождения Партомчорр (ОАО "Гипроруда", 2006), на первом этапе разработки, вскрытие предполагается осуществить до отметки +90 м. Горизонт +90 м является концентрационным – на него перепускается руда, добытая на вышерасположенных подэтажах. Исходя из этого, все вышеперечисленные варианты горнотранспортных систем рассматривались с учетом того, что начальный пункт погрузки располагается на откаточном горизонте +90 м. Транспортные схемы по 3 вариантам представлены на рис. 2 а,б.



Рис. 1. Топографическая поверхность района Партомчорр – Олений ручей

Руда, вывозимая с Партомчоррского рудника по 2 и 3 варианту, выдается на поверхность (отм. +240 м) месторождения Олений ручей, откуда поступает на обогатительную фабрику. По 1 варианту горную массу целесообразно доставлять на горизонт –200 м (исходя из тягового расчета, выдача на поверхность не представляется возможной). Далее электровозные составы разгружаются в круговых опрокидывателях, и руда поступает в подземный комплекс крупного дробления и загрузки скипов главного ствола, по которому выдается на уровень конвейерной штольни, перегружается на конвейерную линию и транспортируется на обогатительную фабрику (Мельников, Федоров, 2010).

С использованием моделей и на основе технических характеристик транспортных систем произведен технико-экономический расчет, результаты которого приведены в таблице. Длина транспортировки по всем вариантам составляет 30 км, необходимая годовая производительность рудника 7 млн т/год, рабочее время в году – 365 дней. За основу сопоставления принят размер капитальных затрат по базовому варианту (вариант № 1). Величина этих затрат является максимальной (относительно прочих расходов для вариантов №№ 2 и 3) и принята за 100 %. Все остальные результаты расчетов представлены в процентном отношении к капитальным вложениям варианта № 1.

При расчете капитальных затрат учитывались: расходы на горнопроходческие работы, приобретение и монтаж оборудования для транспортирования руды и осуществления погрузочно-разгрузочных работ. Расчет эксплуатационных затрат включил: затраты на оплату труда рабочих, социальные отчисления, ремонтный фонд и расходы на электроэнергию. При этом необходимо обратить внимание на то, что для варианта № 1 не учитывались затраты на строительство скипового ствола и конвейерной штольни, строительство которых предполагается в проекте освоения месторождения Олений ручей (ОАО "Гипроруда", 2008).

Анализ результатов расчетов, приведенных в таблице, показывает:

- 1) По капитальным затратам – самым предпочтительным является вариант № 3 – ленточный конвейер (разница по вариантам составляет  $47 \div 56 \%$ ), по причине наименьших затрат на ГПР;
  - по инвестиционным затратам на приобретение и монтаж оборудования – наиболее приемлемым является вариант № 2 – электровозы EL21 с думпкарами 2BC-105. Максимум инвестиционных вложений приходится на вариант № 1 – отечественные электровозы К-28, вагонетки ВГ10, – вследствие необходимости приобретения большого парка основного оборудования для откатки, а также дороговизны подземного комплекса крупного дробления и загрузки скипов;
  - по затратам на горнопроходческие работы выигрывает вариант № 3, ввиду наименьшей необходимой площади поперечного сечения тоннеля по всем трем вариантам.

2) По эксплуатационным показателям – наиболее экономичным будет вариант № 2 (разница до 8,7 %), за счет незначительного парка электровозов и, как следствие, меньших расходов на заработную плату и электроэнергию. Вариант № 3 проигрывает по причине значительных расходов на электроэнергию.

3) Минимальные приведенные затраты на транспортирование руды при коэффициенте приведения 0,15 капвложений соответствуют вариантам № 2 и № 3. Расходы по варианту № 3 несколько выше по причине высоких эксплуатационных затрат. Наиболее дорогим является вариант № 1. Разница составляет 37,9 %. Решающими факторами послужили чрезмерные инвестиции на приобретение оборудования и значительные расходы на ГПР.

Таблица. Расчет суммарных затрат на транспортирование руды и погрузочно-разгрузочные операции по вариантам

Технико-экономические показатели	Вид транспортной системы		
	Рудничные электровозы К28 и вагонетки ВГ 10 (базовый вариант)	Магистральные электровозы типа EL21 и думпкары 2BC-105	Конвейер
Инвентарный парк основного оборудования	Электровозов – 31 шт. Вагонеток – 400 шт.	Электровозов – 2 шт. Думпкары – 28 шт.	Конвейер длиной 30 км
Скорость транспортирования, км/ч	11-13	30-35	16-17
Кондиционный размер перемещаемого материала, мм	1000	1000	400
Уклон транспортирования, %	- 8	+ 5	+ 5
Капитальные затраты, %	100	91	44
– ГПР	79,6	84,9	26,8
– Оборудование	20,4	6,1	17,2
Эксплуатационные затраты (без учета амортизации), %	12,5	3,5	12,2
Приведенные затраты, %	27,5	17,1	18,8

#### 4. Заключение

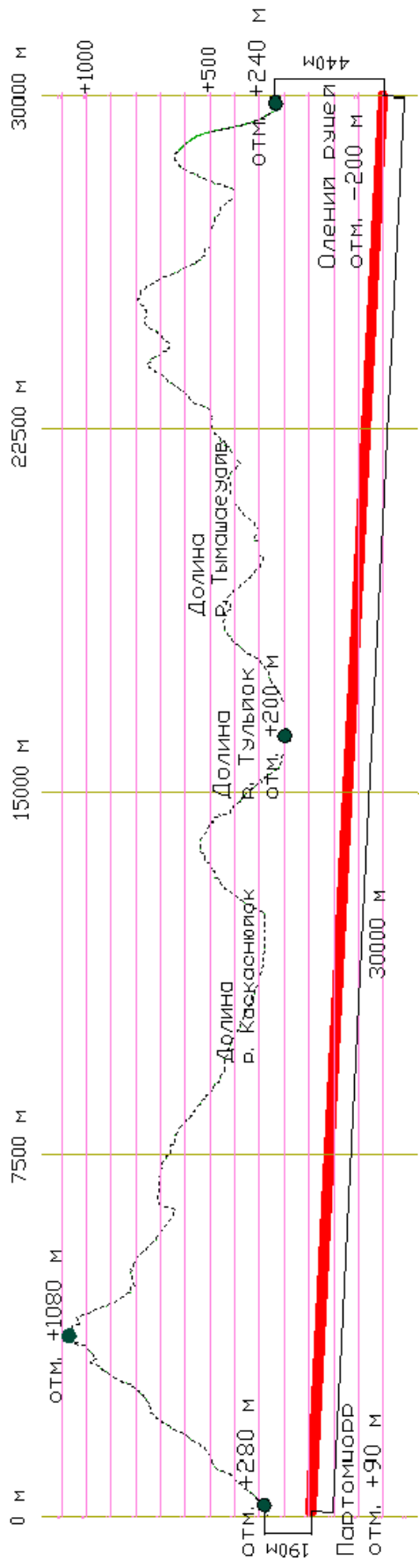
Таким образом, для транспортирования руды от месторождения Партомчорр до обогатительной фабрики ГОКа "Олений ручей" наиболее рациональным, исходя из приведенных затрат, является вариант № 2 с оборудованием из магистральных электровозов EL21 со сцепной массой 160 т, в составах с думпкарами 2BC-105 полезной емкостью 105 м<sup>3</sup>, в комплексе с люковой погрузкой. Окончательное решение по выбору изготовителя и поставщика оборудования должно учитывать возможность частичного или полного изготовления данного оборудования на машиностроительных заводах России.

Предпочтение железнодорожного транспортирования по подземному тоннелю открытой железной дороге также позволит решить ряд весьма значимых задач:

- прокладка трассы по кратчайшему расстоянию;
- обеспечение безопасного и бесперебойного движения поездов в зимний период;
- снижение вредного воздействия на окружающую среду (что немаловажно, т.к. частично направление грузопотока проходит через Симбозерский заповедник).

#### Литература

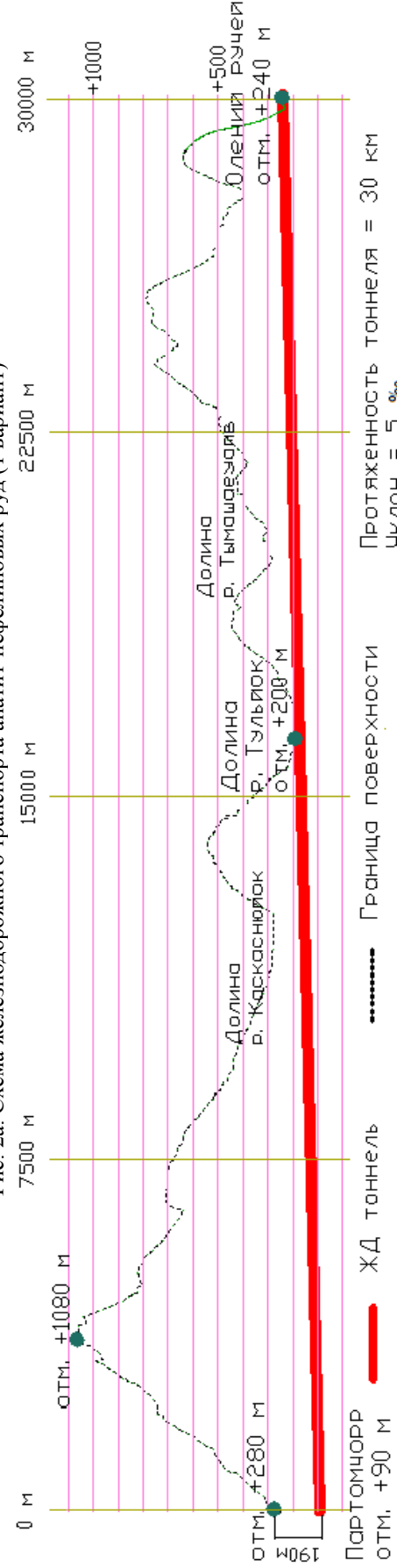
- Беличенко Л.Ф., Чуркин О.Е., Малиновская М.П., Ермилова О.О.** Отчет о научно-исследовательской работе. Разработка и исследование региональных систем транспорта минерального сырья. *Апатиты, АН СССР*, с.46, 1984.
- Исаенко Э.П., Могилевич А.П.** К оценке локальной устойчивости снежного пласта на склоне. *Межвузовский сборник научных трудов. Новосибирск*, с.16-24, 1980.
- Козырев А.А., Рыбин В.В., Жиров Д.В., Билин А.Л., Виноградов А.Н., Каспарьян Э.В., Виноградов Ю.А., Семёнова И.Э., Жирова А.М.** Методические основы технологии эффективного и безопасного освоения глубоких горизонтов месторождений полезных ископаемых открытым способом. *Вестник МГТУ*, т.12, № 4, с.644-653, 2009.
- Мельников Н.Н., Федоров С.Г.** Инновационный проект освоения месторождения Олений ручей в Хибинах. *Горный журнал*, № 9, с.36-39, 2010.
- Пухов Ю.С.** Рудничный транспорт. *М., Недра*, 255 с., 1991.
- Ржевский Б.Н., Матвиенко В.С.** Оценка роли железнодорожного транспорта в активизации лавинной деятельности по многолетним наблюдениям в Хибинах. *Межвузовский сборник научных трудов. Новосибирск*, с.44-55, 1980.
- Шишкина Т.А.** Юкспорский тоннель. URL: www.hibvest.ru, 2011.



Протяженность тоннеля = 30 км  
 Уклон = 8 ‰  
 Годовой грузооборот = 7 млн.т.

— ЖД тоннель      ..... Граница поверхности

Рис. 2а. Схема железнодорожного транспорта апатит-нефелиновых руд (1 вариант)



Протяженность тоннеля = 30 км  
 Уклон = 5 ‰  
 Годовой грузооборот = 7 млн.т.

— ЖД тоннель      ..... Граница поверхности

Рис. 2б. Схема железнодорожного (конвейерного) транспорта апатит-нефелиновых руд (2,3 варианты)