

УДК 622.68.001.895

DOI: 10.18454/2313-1586.2017.04.005

Яковлев Виктор Леонтьевич

член-корр. РАН,
доктор технических наук, профессор,
Институт горного дела УрО РАН,
620075, Екатеринбург,
ул. Мамина-Сибиряка, д. 58
e-mail: yakovlev@igduran.ru

Yakovlev V.L.

corresponding member RAS,
Doctor of technical sciences, professor,
The Institute of Mining UB RAS
620075, Yekaterinburg,
58 Mamin-Sibiryak st.
e-mail: yakovlev@igduran.ru

Яковлев Василий Алексеевич

младший научный сотрудник
лаборатории транспортных систем
карьеров и геотехники,
Институт горного дела УрО РАН
e-mail: yakovlev@igduran.ru

Yakovlev V.A.

junior scientist,
the laboratory of open pit transport systems,
The Institute of Mining UB RAS
e-mail: yakovlev@igduran.ru

**АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ
КАРЬЕРНОГО ТРАНСПОРТА
И ПЕРСПЕКТИВЫ ЕГО РАЗВИТИЯ*****ACTUAL PROBLEMS OF PIT TRANSPORT
AND ITS DEVELOPMENT PROSPECTS***Аннотация:*

В статье сформулированы подходы к решению транспортных систем глубоких карьеров. Определен ряд технологических задач, требующих решения на современном этапе развития открытых горных работ. Приведены изменения горнотехнических условий развития транспортных систем крупнейших железорудных карьеров России за период 1990 – 2015 гг. Даны рекомендации по решению наиболее значимых научных и технологических вопросов при проектировании транспортных систем глубоких карьеров.

Ключевые слова: карьерный транспорт, глубокие карьеры, переходные процессы, инновационные технологии.

Abstract:

The article formulates approaches to the solution of deep open pits' transport systems. A number of technological targets that require solutions at the present stage of surface mining development are determined. changes in mining conditions of transport systems development of the largest iron ore pits of Russia for the period of 1990-2015 are given. Recommendations for addressing the most important scientific and technological issues in the design of deep open pits transport systems are given.

Key words: mining transport, deep open pit, transition processes, innovative technology.

Исследование проблем развития транспортных систем карьеров связано с развитием технологий и методологии освоения недр, начиная с послевоенных лет (с 1945 г.) [1 – 5].

В развитие методологического подхода к формированию транспортных систем карьеров при разработке сложноструктурных месторождений [6] сформулированы подходы к кардинальному решению транспортных проблем глубоких карьеров.

На действующих горных предприятиях – технологический, технический и экономический аудит функционирования транспортной системы предприятия с учетом параметров и показателей ее взаимосвязей со смежными технологическими процессами горно-обогатительного производства.

- При проектировании вновь осваиваемых месторождений – выбор вида (видов) транспорта на период строительства и ввода в эксплуатацию горного предприятия (карьера) и стратегический план поэтапного формирования и развития транспортной системы до конца определенного проектом срока отработки утвержденных балансовых запасов основных и попутных полезных ископаемых.

* Статья подготовлена с использованием результатов исследований по конкурсному проекту фундаментальных исследований УрО РАН на 2015–2017 гг. № 15-11-5-7

• При принятии решения о досрочном пересмотре проектных решений в силу разных причин (переоценка объема и качества запасов, недостаток финансовых средств, изменение потребности в товарной продукции и др.) – новый стратегический план поэтапного формирования и развития транспортной системы карьера.

На современном этапе развития открытых горных разработок следует руководствоваться необходимостью учета не только особенностей природных и социально-экономических условий освоения месторождения, но и факторами, отражающими роль транспорта – важнейшего технологического процесса горного производства при решении следующих технологических задач:

- вскрытия и систем разработки при углублении рабочей зоны карьера;
- уточнения объемов горно-капитальных работ, связанных с развитием транспортной системы карьера;
- необходимости внесения изменений в формирование карьерного пространства и его рабочей зоны;
- уточнения объемов селективной разработки и усреднения показателей добываемых полезных ископаемых (основных и попутных), порядка разработки и режима горных работ;
- сроков перехода на новые параметры технологии горных работ и транспортной системы карьера при поэтапной разработке месторождения;
- учета динамики технико-экономических показателей технологических процессов добычи и рудоподготовки к последующей переработке добываемого минерального сырья с ростом глубины карьера.

На работу транспортной системы карьера особое влияние оказывают:

- необходимость комплексного освоения запасов минерального сырья (табл. 1, 2);
- нарастание информации о геологических параметрах и запасах месторождения по мере его освоения и принимаемых технологических решениях в связанных с транспортом процессах горного производства [7].

Таблица 1

Перспективы комплексного освоения месторождений медных руд*

Промышленный тип, подтип и попутные компоненты	Доля ценности попутных компонентов в ценности 1т руды, %		
	Извлекаемая	Перспективная	Потенциальная
Медно-колчеданный Zn, S, Bi, Co, Hg, Sb, Ba, Se, Te, Zn, Ba, Ge, Tl, Cd	Zn, S, Se, Te, Cd и др. до 70	Co, Tl 71	85
Медистые песчаники Pb, Zn, S, Ag, Re, Se, Te, Cd и др. (всего 25 элементов)	S, Pb, Re, Se, Te <40	Zn, Cd ~41	57
Медно-порфировый Mo, Au, Ag, Se, Te, Re, S, Bi, Co, Ge, Zn, As, Sb, Pb, Zn, Sn, W, Cd, Ni	Mo, Au, Ag, Re, Se, Te, S 43	Bi, Ge до 44	66
Кварцево-жильный S, Mo, Se, Te, Ge, Au, Ag	S, Se, Te, Au, Ag 21,3	Mo и др. >30	45
Скарновый Au, Ag, S, Mo, Fe, Se, Te, Co, Bi, Re, As, Be, V, Sb, Sn, Ga, Ge, Tl	Mo, Se, Te, Au, Ag, Fe 37	Bi 40	66
Ванадиево-железомедный Fe, P, V, Ga, Se, Ti	Fe, P, V 36	Другие до 50	84
Медно-кобальтовый S, Co, Ag, Cd, Mo, Se, Te, Zn, Ge и др.	S, Co и др. 53	Se до 60	74

* Королев Ю.И., Боброва Л.В. Роль попутных компонентов при оценке промышленной значимости комплексных руд цветных металлов // Экон. минер. сырья и геологоразвед. работ: Обзор. – М.: ВИЭМС, 1988. – 67 с.

Таблица 2
Перспективы комплексного освоения месторождений железных руд**

Промышленный тип, подтип и попутные компоненты	Доля ценности попутных компонентов в ценности 1 т руды, %		
	Извлекаемая	Перспективная	Потенциальная
Титаномагнетитовый V, Ti, Sc*	29,2	32,0	75,6
Апатит-магнетитовый P, Zr, Hf*, Ta, Nb, Sc*	6,1	38,4	61,3
Скарно-магнетитовый Медно-магнетитовый Cu, Zn, Pb, Ni, Co, S, Se, Te, Tl, As*, Jn*	0,0	10,7	31,7
Скарно-магнетитовый с бором, то же + В	не разрабатываются	44,0	61,7
Скарно-магнетитовый с апатитом, то же, что «А» + Р	-	12,8	33,9
Скарно-магнетитовый с висмутом, то же, что «А» + В	-	38,7	57,4
Магнетит-гематитовый Mn, Ge	0,0	38,1	44,6
Железные кварциты Mn, Ge, Au*, U*	0,0	65,8	76,0
Лептохлорит-гидрогетитовый Морской P, Al ₂ O ₃	2,0	-	5,3
Континентальный	0,0	20,2	27,5
Латеритный (природно-легированный, железохромоникелевый) Ni, Cr, Co	29,7	43,9	61,4

* В расчетах не учитывались

** Геолого-экономическая оценка состояния и перспектив комплексного использования месторождений черных металлов / Ю.И. Королев, Л.З. Быховский, Л.В. Боброва, А.А. Сергеева // Экон. минер. сырья и геологоразвед. работ: Обзор. – М.: ВИЭМС, 1987. – 63 с.

При определении актуальных проблем развития транспортных систем карьеров следует учитывать более сложные условия эксплуатации вновь осваиваемых месторождений вследствие

- природно-климатических факторов;
- удаленности месторождения от транспортных магистралей и источников энергоснабжения;
- отсутствия развитой инфраструктуры и действующих в регионе промышленных, в том числе горно-обогатительных предприятий;
- сложности горно-геологических и горно-технических условий разработки месторождений, связанные с наличием в залежах полезного ископаемого включений пустых пород или некондиционных руд разных размеров и формы, наличием складчатых и разрывных тектонических нарушений и др.

Особую сложность представляют проблемы вскрытия и отработки глубоких горизонтов, требующие создания специализированного погрузочного транспортного оборудования, в особенности при организации безлюдной выемки запасов при доработке открытым способом и переходе на подземные горные работы. В этих условиях наиболее актуальным является вопрос применения транспортной системы карьера при доставке на обогатительную фабрику рудной массы, добываемой подземным способом.

На карьерах большой глубины и производительности, введенных в эксплуатацию в период плановой экономики, значительные объемы перевозок вскрышных и добычных работ осуществлялись с использованием железнодорожного транспорта в верхней и средней зоне карьера и автомобильного транспорта от забоев до мест перегрузки на железнодорожный транспорт. На некоторых карьерах применялась циклично-поточная технология, однако при переходе к рыночной экономике дальнейшее развитие, по существу, прекратилось, как и применение на вновь осваиваемых месторождениях железнодорожного транспорта (за редким исключением). В связи с этим объемы и расстояние перевозок горной массы автомобильным транспортом на большинстве крупных карьеров непрерывно увеличиваются в процентном отношении в сравнении с другими видами транспорта (табл. 3) [8].

Таблица 3

**Изменение горнотехнических условий развития транспортных систем
железрудных карьеров России (1990 – 2015 гг.)***

ГОК	Горная масса, млн.т	Глубина карьера, м	Вместимость ковша экскаватора, м ³	Средняя грузоподъемность автосамосвала, т	Транспорт из забоев, %		Расстояние транспортирования, км	
					Авто	Ж/д	Авто	Ж/д
Михайловский	<u>97,9</u>	<u>195</u>	<u>8,4</u>	<u>84,3</u>	<u>55,8</u>	<u>30,4</u>	<u>2,17</u>	<u>9,7</u>
	123,6	360	9,5	116,2	66,1	33,8	2,3	14,5
Стойленский	<u>66,2</u>	<u>230</u>	<u>7,2</u>	<u>76,0</u>	<u>41,7</u>	<u>22,5</u>	<u>2,38</u>	<u>8,5</u>
	85,9	359	9,4	110,3	41,9	48,5	2,96	10,8
Лебединский	<u>85,0</u>	<u>265</u>	<u>8,1</u>	<u>93,0</u>	<u>54,6</u>	<u>27,7</u>	<u>1,67</u>	<u>11,4</u>
	101,4	416	9,3	142,4	57,2	39,0	2,72	15,1
Костомукшский	<u>70,7</u>	<u>240</u>	<u>7,9</u>	<u>108,0</u>	<u>100</u>	-	<u>2,3</u>	<u>5,4</u>
	141,7	330	12,6	188,9	100	-	3,12	14,3
Оленегорский	<u>31,1</u>	<u>245</u>	<u>6,6</u>	<u>93,3</u>	<u>64,0</u>	<u>16,0</u>	<u>1,78</u>	<u>9,8</u>
	8,9	404	10,8	136,0	100,0	-	2,70	11,6
Ковдорский	<u>65,2</u>	<u>211</u>	<u>8,0</u>	<u>106,0</u>	<u>100</u>	-	<u>3,39</u>	-
	28,8	429	9,8	127,2	100	-	3,81	-

* Числитель – 1990 г., знаменатель – 2015 г.

Решение наиболее значимых научных, технологических и организационно-технических вопросов при проектировании и разработке сложноструктурных месторождений большой глубины, в особенности при комплексном освоении запасов, обосновании целесообразности перехода от открытого к подземному или комбинированному способу разработки, поэтапной разработки месторождений с формированием временно нерабочих бортов карьеров и последующей их разработки с использованием специальных технологий и технических средств связано с разработкой комплекса мероприятий, связанных с необходимостью исследования и учета закономерностей переходных процессов с целью адаптации транспортной системы карьера к изменяющимся условиям ее функционирования [9, 10].

Наиболее радикальное решение транспортных проблем карьеров при комплексном освоении месторождений, учитывая, что каждое месторождение уникально, заключается в том, что для его разработки должна создаваться техника и применяться технологии, в наибольшей степени отвечающие его геологическим особенностям и природно-климатическим условиям района месторождения. Например, техника и технологии для месторождений Российского Севера, Дальнего Востока, Северо-Запада, средней полосы и юга России.

Актуальными являются вопросы автоматизации управления транспортными потоками, а также безлюдной эксплуатации транспортных средств, особенно при доработке запасов и переходе на подземные горные работы.

Исследование проблем развития транспортных систем карьеров, в том числе переходных процессов при поэтапной разработке и комплексном освоении запасов месторождений, входит в число наиболее актуальных направлений дальнейших исследований проблем освоения недр.

Литература

1. Васильев М.В. Научные основы проектирования карьерного транспорта / М.В. Васильев, В.Л. Яковлев; под ред. Н.В. Мельникова. - М.: Наука, 1972. – 202 с.
2. Яковлев В.Л. Исторический опыт развития научных идей методологических подходов к обоснованию технологий, параметров горных работ / В.Л. Яковлев // Проблемы недропользования. - 2014. - № 3. - С. 15 – 26
3. Трубецкой К.Н. О новых подходах к обеспечению устойчивого развития горного производства / К.Н. Трубецкой, С.В. Корнилов, В.Л. Яковлев // Горный журнал. - 2012. - № 1. - С. 15 - 19.
4. Яковлев В.Л. Теория и практика выбора транспорта глубоких карьеров. – Новосибирск: Наука, 1989. – 240 с.
5. Яковлев В.Л. Методологические особенности освоения недр на современном этапе / В.Л. Яковлев, С.В. Корнилов // Вестник УрО РАН. Наука. Общество. Человек. - 2013. - № 4. - С. 43 - 49.
6. Яковлев В.Л. Особенности методологического подхода к формированию транспортных систем карьеров при разработке сложноструктурных месторождений / В.Л. Яковлев, В.А. Яковлев // Проблемы недропользования. - 2016. - № 1. - С. 65 -70. DOI: 10.18454/2313 –2016.01.065
7. Батугин С.А. Закономерности развития горного дела / С.А. Батугин, В.Л. Яковлев; ИГДС СО РАН. – Якутск: ЯНЦ СО РАН, 1992. – 116 с.
8. Техничко-экономические показатели горных предприятий за 1990 - 2015 гг. - Екатеринбург: ИГД УрО РАН, 2015. – 255 с.
9. 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. - С. 5 - 15. DOI: 10.18454/2313 –1586.2017.02.005
10. Исследование переходных процессов при комбинированной разработке рудных месторождений / В.Л. Яковлев, И.В. Соколов, Г.Г. Саканцев, И.Л. Кравчук // Горный журнал. - 2017. – № 7. – С. 46 - 50.