

УДК 622.81

А.В. Токаренко

**РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
ВЗРЫВНОГО ЗАВЕРШЕНИЯ РАЗРАБОТКИ
ОКРУГЛЫХ КРУТОПАДАЮЩИХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Рассмотрены вопросы рациональных схем доработки крутопадающих месторождений с учетом типа и мощности применяемого бурового, взрывного, погрузочно-транспортного оборудования.

Ключевые слова: экономическая целесообразность, доработка, крутопадающих месторождений, автосамосвалы, способы бурения и взрывания, новые технологии.

Семинар №4

На сегодняшний день многие российские и зарубежные горнодобывающие предприятия столкнулись с проблемой отработки глубокозалегающих запасов полезного ископаемого в карьерах. Это и карьеры «Мир», «Юбилейный», «Айхал», «Удачный», отработывающие алмазные трубки в Якутии, карьер «Восточный», отработывающий Олимпиадинское месторождение рудного золота в Северо-Енисейском районе Красноярского края, золотодобывающие карьеры США Round Mountain Gold Mine (совместное предприятие BARRIK GOLD и KINROSS, штат Невада), Chino Mine (штат Нью Мехико) и др. Вышеперечисленные предприятия, имеют значительные запасы полезного ископаемого на глубине ниже отметок проектного дна карьеров, первоначально определённых в проектах на конец их отработки. Поэтому встаёт дилемма: либо переходить на подземный способ добычи, проходя подземные горные выработки с нижних горизонтов карьера, как это сделали в карьере «Айхал» и делают в «Юбилейном», либо продолжать отработку открытым способом. Переход на подземный способ добычи требует значительных

капитальных затрат на проходку подземных выработок (ствол, штреки), полное техническое перевооружение, дополнительную оценку геологических запасов и т.д. Кроме того, подземный способ в большинстве случаев не обеспечивает высокой производительности, как при открытых работах, что может не обеспечить рентабельность производства. Доработка запасов полезного ископаемого открытым способом позволяет сохранить высокие показатели производительности. Но также имеет отрицательные факторы: увеличение себестоимости добычи с увеличением глубины карьера, за счёт увеличения расстояния транспортирования; обеспечение устойчивости откосов уступов и бортов карьера на период доработки глубоких горизонтов карьера.

Смягчить факторы, влияющие на увеличение себестоимости, можно путём переработки забалансовых запасов полезного ископаемого и хвостохранилищ, широкого внедрения новых технологий. Это позволит значительно увеличить производительность, за счёт увеличения коэффициента использования оборудования, снизить затраты на фонд оплаты труда и затраты на эксплуатацию оборудования



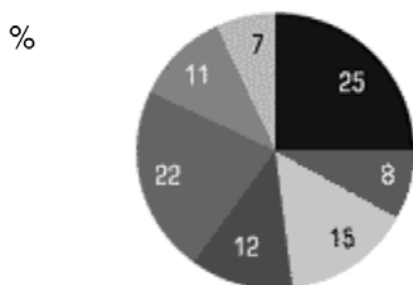
Рис. 1. Двусторонняя погрузка

(табл. 1, 2, 3). Применение схем двусторонней погрузки (рис. 1) широко применяемые на зарубежных карьерах позволяют увеличить производительность экскаваторов на 10-20%, поэтому их применение необходимо внедрять параллельно с вводом в эксплуатацию фронтальных погрузчиков.

Из диаграммы на рис. 2 видно, что основные производственные затраты золотодобывающие компании несут по статьям «оплата труда», «химикаты», «топливо», «расходные материалы и запчасти». Применение горно-транспортного оборудования рационального типа и мощности, автоматизированных систем управления горно-транспортным комплексом и оптимального способа бурения взрывных скважин и взрывания позволят увеличить производительность труда, а сле-

довательно снизить затраты по статьям «оплата труда», «топливо», «расходные материалы и запчасти». Переработка хвостов позволит снизить затраты по статье «химикаты», а применение автоматизированной системы мониторинга деформационных процессов откосов уступов и бортов карьера, позволит безопасно вести гонные работы и вовремя реагировать на опасные деформационные процессы. Поэтому при выборе технологии доработки округлых крутопадающих месторождений, за основу должны браться технологии, позволяющие минимизировать представленные на графике затраты и которые позволят вести безопасное производство добычных работ на глубоких горизонтах. Именно эти особенности технологии позволят смягчить

Типичная структура производственных затрат
золотодобывающей компании на примере
"Полюс Золота"



25-Оплата труда 8-Энергия и тепло 15-Топливо
12-Расходные материалы и запчасти 22-Химикаты
11-Налоги 7-Услуги сторонних организаций
Источник: "Полюс Золото"

Рис. 2. Типичная структура производственных затрат золотодобывающей компании на примере "Полюс Золото"

факторы удорожания горных работ при работе на глубоких горизонтах и позволят вести рентабельную добычу полезных ископаемых при завершении разработки округлых крутопадающих месторождений.

Для оценки работы на глубоких (донных) горизонтах необходимо собрать следующие материалы.

1. Динамика изменения всех горных процессов на глубоких (завершающихся по проекту) горизонтах. При этом, отдельно необходимо смотреть и давать анализ:

- по глубоким, но промежуточным горизонтам, после отработки которых карьер может продолжать углубляться на 50–100 м и более;
- по завершающему этапу отработки карьера, когда будет достигнуто его проектное дно.

Эти материалы в проекте у Вас есть, но насколько они достоверны с точки зрения следующего: пока нет данных, что имеет карьер «Восточный» на глубинах более 1000 м, како-

вы там, и есть ли они на такой большой глубине. Это по имеющемуся плану развития горных работ. Но ведь и на большую глубину и в стороны бортов карьера могут быть обнаружены определенные запасы. Так ли это и насколько это может повлиять на завершающую доработку запасов карьера «Восточный».

Видимо, следует форсировать доразведку района карьера «Восточный», чтобы ясно себе представлять, что дальше делать:

- руководствоваться действующими данными по геологоразведке и развитию плана горных работ;

• оценить, что есть на глубине более 1000 м по запасам и содержанию и целесообразно это дорабатывать;

• оценить, что есть на площади вокруг карьера и потом принимать решение о доработке обнаруженных запасов из карьера, как это делают в компании «Алроса» по карьерам «Мир», «Удачный» и «Интернациональный». Это работа на много лет, а потому можно нам остановиться на первом действующем варианте.

Как показывает мировой опыт и «Алроса» при доработке «завершающей» глубоких горизонтов уменьшают ширину рабочих площадок, снижают грузоподъемность автосамосвалов и емкость ковша экскаватора, уменьшают диаметр взрывных скважин и увеличивают в 2–3 раза крутизну съездов и увеличивают до 70–80° угол откоса уступов и их высоту это все можно допустить в связи с тем, что с самого дна будет добываться относительно небольшая часть горной массы (руды).

Таблица 1

Расчет эффективности применения автосамосвалов различной грузоподъемности для выполнения объемов транспортной работы по курсу 1\$ = 35 руб.

НАИМЕНОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЯ	Ед. изм.	CAT-789C	TEREX	CAT 777D	HD-785
Объем	тонн/год	25 291 034	25 291 034	25 291 034	25 291 034
Расстояние физическое	км	2,90	2,90	2,90	2,90
Грузооборот	ткм	73 344 000	73 344 000	73 344 000	73 344 000
Выработка на 1 м/см	тонн	6 312,87	4 769,72	3 156,44	3 156,44
Потребное кол-во м/см	м/см	4 006,00	5 302,00	8 013,00	8 013,00
Потребное кол-во а/м в смену на линии	ед	5,5	7,3	11,0	11,0
Коэффициент выхода на линию (план)	ед	0,910	0,910	0,910	0,910
Потребное списочное кол-во а/м в парке (план)	ед	6,0	8,0	12,1	12,1
Коэффициент выхода на линию (факт по ЦБА Олимпиадинского ГОКа)		0,900	0,900	0,900	0,900
Потребное списочное кол-во а/м в парке (факт)	ед	6	8	12	12
Норма времени на 1 рейс	час	0,2937	0,2937	0,2937	0,2937
Годовой фонд рабочего времени, моточасов/год	мото.час	48 606	64 331	97 224	97 224
Продолжительность рабочей смены	час	11	11	11	11
Подготовительно-заключительное время	час	1,0	1,0	1,0	1,0
Время пробега от автоколонны до пункта погрузки и от пункта разгрузки до автоколонны (нулевой пробег)	час	0,10	0,10	0,10	0,10
Время в наряде без нулевого пробега	час	10,3	10,3	10,3	10,3
Расчетное количество рейсов в смену	ед	35,1	35,1	35,1	35,1
Коэф-т перевыполнения норм выработки		1,00	1,00	1,00	1,00
Количество рейсов с учетом коэф-та перевыполнения	ед	35,1	35,1	35,1	35,1
Грузоподъемность автомобиля	тонн	180,00	136,00	90,00	90,00
Коэф-т использования грузоподъемности		1,00	1,00	1,00	1,00
Количество рабочих дней в году для данной перевозки	дн	365,0	365,0	365,0	365,0
Количество рабочих смен в сутки для данной перевозки	ед	2,0	2,0	2,0	2,0
Работающих непосредств. в карьере	единиц	6	8	12	12
Количество рабочих смен	см	732	732	732	732
Расстояние транспортировки	км	2,9	2,9	2,9	2,9
Общий объем транспортировки	т.м ³	9 000	9 000	9 000	9 000
Объем транспортировки на 1 единицу	т.м ³ /един	1 476,0	1 115,2	737,9	737,9
Сменная выработка 1 единицы	м ³ /см	2 016,4	1 523,6	1 008,1	1 008,1

Плотность горной массы	т/м ³	2,81	2,81	2,81	2,81
Среднее количество рейсов в смену	р/см/ед.	31	31	31	31
Загрузка кузова	м ³	64,1	48,4	32,0	32,0
Всего грузовая работа	тыс.т.км	73 344	73 344	73 344	73 344
Всего грузовая работа на 1 един.	тыс.т.км/ед.	12 029	9 088	6 014	6 014
Выработка тыс.тн.км/списочн. автотонну	тыс.т.км	66,8	50,5	33,4	33,4
численность, чел. (средн.) на 1 а/м = 4 чел.	чел./а/м	4	4	4	4
Условная сумма зарплаты водителя	руб./мес.	60 000	55 000	50 000	50 000
ФОТ (зарплата + ЕСН и ФСН), руб./период на 1 чел.	руб./чел.	933 840	856 020	778 200	778 200
ВСЕГО ФОТ, руб./период	руб./год	22 776 031	27 632 378	37 964 789	37 964 789
Балансовая стоимость, руб.	руб./ед.	157 482 640	88 013 625	49 048 685	46 200 000
Срок полезного использования	мес.	96	65	65	65
Амортизационные отчисления ВСЕГО, руб./период	руб./год	120 029 577	131 127 008	110 439 652	104 025 458
Расход ДТ (норма)	г/т.км.	68	100	97	110
Цена ДТ	руб./т.	19 461	19 461	19 461	19 461
Расходы на ДТ, руб.	руб./год	97 061 289	142 737 189	138 455 073	157 010 908
Расходы на масла и смазки, руб.	руб./год	4 554 986	4 168 230	6 148 925	3 593 273
Норма расхода масел: картер двигателя	кг/час.	0,708	0,766	0,445	0,231
Норма расхода масел: коробка передач	кг/час.	0,069	0,000	0,076	0,100
Норма расхода масел: бортовая передача	кг/час.	0,341	0,029	0,297	0,118
Норма расхода масел: гидросистема	кг/час.	0,467	0,300	0,266	0,176
Норма расхода: автоматическая смазка, число замен	кг/2000час.	0,040	0,030	0,008	0,015
Цена масел: картер двигателя	руб./кг	58,218	58,054	58,218	58,177
Цена масел: коробка передач	руб./кг	58,036	59,794	58,036	58,176
Цена масел: бортовая передача	руб./кг	58,036	59,794	58,036	58,176
Цена масел: гидросистема	руб./кг	58,300	58,300	58,300	58,300
Цена: автоматическая смазка	руб./кг	36,339	36,339	36,339	36,339
Расходы на ТО и ТР	руб./год	1 746 794	2 445 512	6 987 177	6 987 177
Списочное количество ремонтного персонала	чел.	5	7	20	20
Баланс рабочего времени для списочного состава ре-	час.	2 582	2 582	2 582	2 582

монтажных рабочих					
Трудоёмкость производства ТО и ТР	чел.час.	12 910	18 074	51 640	51 640
Стоимость 1 чел. часа	руб./чел.ч ас.	135	135	135	135
Расход шин	шт./год	47	89	62	62
Цена шин, руб./шт.	руб./компл. л.	630 000	560 000	420 000	420 000
Расходы на шины ВСЕГО	руб./год	29 504 250	49 586 425	26 229 273	26 229 273
Расходы на материалы, запчасти (8% от балансов. ст-сти в год)	руб./год	76 818 929	56 821 703	47 857 183	45 077 699
Транспортно-заготовительные расходы (17%)	руб./год	35 349 707	43 063 303	37 177 377	39 424 896
Итого приведенные затраты	руб./год	386 094 768	455 136 236	404 272 273	413 326 297
удельная стоимость 1 т. км.	руб./т.км	5,26	6,21	5,51	5,64

Таблица 2

Сравнительный расчет прямых расходов на экскавацию горной массы выемочным оборудованием

Наименование показателя	ед. изм.	ЭКГ - 10	LIBHERR R994	ЭКГ - 20	P&N (25,5 м3)
1. Расходы на оплату труда					
Расходы на оплату труда за период, в т.ч.:	тыс. руб.	1 763	1 763	1 970	1 970
- среднемесячная зарплата работников, в т.ч.:	руб./мес.	113 282	113 282	126 597	126 597
машинист	руб./мес.	58 462	58 462	68 135	68 135
помощник машиниста	руб./мес.	54 820	54 820	58 462	58 462
- отчисления ЕСН и ФСС	руб./мес.	33 645	33 645	37 599	37 599
машинист	руб./мес.	17 363	17 363	20 236	20 236
помощник машиниста	руб./мес.	16 282	16 282	17 363	17 363
2. Расходы на электроэнергию					
Удельный расход электроэнергии	кВт.час./м ³	1,21	-	2,5	1,1
Объем потребленной эл-энергии	т.кВт.час./год	2 819	-	9 168	8 273
Тариф	руб./кВт.час.	1,16	-	1,16	1,16

Сумма расходов на электроэнергию	тыс. руб.	3 270	-	10 634	9 597
3. Расходы на ГСМ					
Расчётное количество ГСМ					
1. Трансмиссионное Тэг-15	кг	1 183			4 001
2. Смазка солидол УС-1, С, Литол-24	кг	1 587		2 376	
3. Смазка графитная УСсА	кг	1 167			1 042
4. МАСЛО ВЕРЕТЕННОЕ АУ	кг	128			
6. МАСЛО ALBIDA HD 2	кг.		422		
7. СМАЗКА ALVANIA EP ARCTIC MOLI	кг.		3 371		3 371
8. МАСЛО SPIRAX ASX 75W/90	кг.		1 593		6 709
9. Масло SAE 10W30	кг.		8 843		
10. Антифриз	кг		263		
11. МАСЛО SHELL CORENA AS 46 КОМПРЕС.	кг			52	65
12. Дизельное топливо	т.	0	614		
Расчётная цена ГСМ					
1. Трансмиссионное Тэг-15	руб./кг.	28	28	28	28
2. Смазка солидол УС-1, С, Литол-24	руб./кг.	39	39	39	39
3. Смазка графитная УСсА	руб./кг.	30	30	30	30
4. МАСЛО ВЕРЕТЕННОЕ АУ	руб./кг.	23	23	23	23
6. МАСЛО ALBIDA HD 2	руб./кг.	246	246	246	246
7. СМАЗКА ALVANIA EP ARCTIC MOLI	руб./кг.	231	231	231	231
8. МАСЛО SPIRAX ASX 75W/90	руб./кг.	207	207	207	207
9. Масло SAE 10W30	руб./кг.	63	63	63	63
10. Антифриз	руб./кг.	124	124	124	124
11. МАСЛО SHELL CORENA AS 46 КОМПРЕС.		43 825	43 825	43 825	43 825
12. Дизельное топливо	руб/т	15 804	15 804	15 804	15 804
расходы на ГСМ	тыс. руб.	133	11 500	2 369	5 157
ТЗР	%	9,6%	9,6%	9,6%	9,6%
Итого сумма расходов на ГСМ за месяц	тыс. руб.	145	12 604	2 596	5 652
4. Расходные и нормируемые материалы					
ЗУБ КОВША (КОРОНКА ЗУБА КОВША)					
Удельный расход (норма)	шт/млн. м ³	27	12	32	16
Расчетное количество зубьев (коронки)	шт.	63	27	119	124
цена за единицу	тыс. руб./шт.	11	18	13	43
ТЗР	%	14%	14%	14%	14%

Сумма расходов на зубья (коронки)	тыс. руб.	773	558	1 750	6 012
КАНАТ СТАЛЬНОЙ					
<i>Удельный расход (норма)</i>	<i>т (шт) /млн. м³</i>	<i>8</i>		<i>11</i>	<i>2,4</i>
<i>Расчетное количество израсходованного каната</i>	<i>т (шт. комп.)</i>	<i>19</i>		<i>41</i>	<i>11</i>
<i>цена за единицу</i>	<i>тыс. руб./т</i>	<i>35</i>		<i>35</i>	<i>108</i>
<i>ТЗР</i>	<i>%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>
Сумма расходов на канат стальной	тыс. руб.	738	-	1 615	1 328
Запчасти (подшипник, электрошетки, сервиспакеты и прочее)					
<i>Всего списано за 9 месяцев 2008 г. на сумму</i>	<i>тыс. руб.</i>	<i>3 707</i>	<i>9 067</i>		
<i>Расчётные расходы на запчасти в 2009 г.</i>	<i>тыс. руб./год</i>	4 943	12 089	6 113	12 871
<i>ТЗР</i>	<i>%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>	<i>14%</i>
Сумма расходов на запчасти	тыс. руб.	5 635	13 781	6 969	14 673
6. Амортизационные отчисления					
Балансовая стоимость	т. руб.	81 519	80 036	218 000	459 000
Срок полезного использования	мес.	61	85	300	300
Амортизационные отчисления за период 2009 г.	тыс. руб.	1 336	942	8 720	18 360
Приведенные затраты	тыс. руб.	13 661	29 648	34 254	57 591
Объем горной массы (годовой)	тыс. м³	2 333	2 218	3 713	7 755
Годовой фонд рабочего времени	моточас.	7 746	6 819	7 549	7 549
Стоимость 1 моточаса работы	руб./час.	1,76	4,35	4,54	7,63
Приведенные затраты на 1 м³ горной массы	руб./м³	5,86	13,37	9,23	7,43

Таблица 3

**Исходная информация для сравнительного расчёта
эффективности использования выемочного горного оборудования**

№ п/п	Данные	ЭКГ-20	P&H (25,5 м3)	ЭКГ-10	LIBHERR R994
1	Ёмкость ковша, м ³	20	25,5	10	11
	Фонд рабочего времени, календарный, час./год	8041	8041	8041	8041
2	Фонд рабочего времени, с учётом кап. ремонтов, час./год	7 549	7 549	6 654	6 819
3	Продолжительность 1 смены, час.	11	11	11	11
4	Количество рабочих смен в год, смен/год	686	686	605	620
5	Коэффициент использования во времени	0,8	0,82	0,8	0,79
6	Производительность сменная, м ³ /см	5 410	11 300	3 070	3 578
7	Производительность годовая, т. м ³ /год	3 713	7 755	1 857	2 218
8	Мощность сетевого эл. двиг., кВт	2 250	2 000	715	-
8.1	Мощность трансформатора, кВт	400	325	160	-
8.2	Коэффициент мощности (cos φ)	0,7	0,7	0,7	-
8.3	Коэффициент спроса по мощности электроприёмника	0,6	0,6	0,55	-
8.4	Средние продолжительные нагрузки, кВт	1 518	1 337	455	-
8.5	Потребляемая электроэнергия (тыс. кВт_час/год)	9 168	8 273	2 421	-
8.6	Удельный расход электроэнергии (кВт_час/м ³)	2,47	1,07	1,30	-

Так поступают при завершении работ на карьерах «Алроса». При этом угол съезда (дорог) увеличивают до 20–25 ‰, емкость самосвала уменьшают до 20–40 т, переводят его на гусеничный ход. Вместо экскаваторов можно применить фронтальные погрузчики. На определенной глубине сделать перегрузочную площадку, где будет происходить перегрузка руды и породы в самосвалы нормальной емкости.

Создать ЦПТ здесь целесообразно.

Все это может служить основой для реализации на карьере «Восточный» центр тяжести: возможность подготовки хорошо взорванной горной массы при крутых уступах, минимальной сейсмике и узких рабочих площадках.

Необходимо собрать материалы по станкам RocL6, RocL8, фронтальным погрузчикам или дизельным экскаваторам с обратной лопатой емкостью ковша 5–8 м³, свойствам массива на глубине для оценки устойчивости уступов и взрываемости пород.

В итоге будут сформулированы требования к новой технике и технологии взрывных и горных работ, которые обеспечат лучшие показатели технико-экономические по добыче на глубоких горизонтах.

Это ориентировочная схема, которая для взрывания на глубоких горизонтах потребует применения ЭД с электронной системой замедления, применение полной забойки скважин, взрывааемых по одной. **ГИАБ**

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андросов А.Д., Разживин В.М., Николаев М.И. Корреляционный анализ факторов, влияющих на себестоимость вскрышных работ объединения «Якуталмаз» //Колыма.- 1983.- № 10.- С. 23-25.
2. Андросов А.Д. Учет фактора сезонности при оптимизации текущих планов горных работ в карьере //Колыма.- 1985.- № 11.- С. 17-18.
3. Арсентьев А.И. Определение производительности и границ карьеров.- М.- Недра.- 1970.- 320 с.
4. Акишев А.Н., Попов Ю.С., Кулешова Т.П. Автоматизированный горно-геометрический анализ карьеров простой формы с автомобильным транспортированием пород //Известия вузов. Горный журнал.- 1988.- № 9.- С.20-23.
5. Васильев М.В. Транспорт глубоких карьеров.- М.- недра.- 1983.- 295 с.
6. Вашлаев И.И., Подсохин Е.Л. Оценка стабильности функционирования на карьерах погрузочно-транспортного комплекса с учетом надежности машин //Известия Вузов. Горный журнал.- 1987.- № 9.- С. 73-77.
7. Влияние климата на организацию и планирование горных работ в карьере //Шпанский О.В., Киселева М.Г. и др. //Горный журнал. - 1973.- № 11.- С. 14-16.
8. Выбор вида карьерного транспорта (Методика). Труды ИГД МЧМ.- М.- недра.- 1973.- 167 с.
9. Гавришев С.Е. Обоснование рациональной последовательности формирования рабочей зоны карьеров при разработке крутопадающих месторождений // Автореф. дис. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук.- Л.- Изд-во ЛПИ.- 1990.- 20 с.

Коротко об авторе

Токаренко А.В. – горный инженер, аспирант, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru
начальник Рудоуправления ЗАО «Полус» Олимпиадинского ГОКА.