

УДК 622.271.33

А.И. Косолапов, Д.Е. Малофеев, Д.Г. Одаев

**КАЛЕНДАРНОЕ ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ
ПРИ ОТКРЫТОЙ РАЗРАБОТКЕ ГРУППЫ СБЛИЖЕННЫХ
ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ**

Изложен вариант снижения пиковых совокупных объемов вскрышных пород по группе карьеров, используя коэффициент неравномерности ведения горных работ и интенсивность расконсервации временно-нерабочего борта.

Ключевые слова: группа карьеров, календарный план горных работ, интенсивность расконсервации временно-нерабочего борта.

Российская золотодобывающая отрасль, пройдя этап раздробленности и неразберихи 90-годов, прошла за последующее десятилетие фазу консолидации и создания крупных игроков рынка, и сейчас находится на стадии консолидации мелких и средних предприятий. На современном этапе золотодобывающей промышленности России наблюдается положительная динамика наращивания сырьевой базы и инвестиций в производство, а также увеличения объемов продукции. За период 2006—2011 гг. прирост объемов добычи золота в России составил 23 % и превзошел общемировую тенденцию — 13% (табл. 1). При этом структура компаний занятых золотодобычей в стране претерпела значительные изменения, отмечена как вертикальная, так и горизонтальная диверсификация бизнеса. В период 2000-2011 гг. из большого количества мелких артелей, в основном занятых россыпной добычей золота сформировались и увеличили свое присутствие на рынке восемь крупных компаний (табл. 2). Данные компании в настоящее время добывают более половины годового объема золота в стране, сгенерировав потенциальную ресурсную базу и производственные активы преимущественно в двух-трех регионах России. Например, основной производственной базой компании ОАО «Полюс Золото» является Красноярский край, на территории которого в 2011 г. добыто 82 % золота. В 2011 году ЗАО «ГК «Петропавловск» 67 % продукции произвела на территории Амурской области.

Как правило, компании ведут разработку одновременно нескольких рядом расположенных месторождений. При этом суммативно, сформированные крупные горно-обогащительные комплексы в большинстве случаев не имеют сбалансированной по трудовым, материальным и энергетическим ресурсам структуры. Поэтому, с учетом объективно имеющего место дефицита в требуемых ресурсах, задача по изысканию технических решений и системной увязке горных работ по группе сближенных карьеров становится весьма актуальной.

При этом, выравнивание объемов вскрышных работ по годам на весь период эксплуатации группы карьеров является одной из наиболее важных целей горно-обогащительных предприятий, которая достигается решением задачи с позиции системного подхода. Полагая под системой карьеров их совокуп-

ность в виде элементов (собственно карьеров, этапов горных работ в карьерах и пр.), вступающих между собой в связи и взаимоотношения, и образующих единое целое, значение свойства которого не равно (всегда выше), чем сумма свойств элементов [1].

Объем горной массы, вынимаемой за весь период разработки для карьера, работающего в группе, определяется по формуле:

$$\sum_{i=1}^t V_{ij} = V_{1j} + V_{2j} + \dots + V_{ij}, \quad (1)$$

где V_{ij} – объем горной массы, вынимаемый в i -й год в j -ом карьере, млн.м³; t – время работы карьера, лет.

В свою очередь объем горной массы по всей группе карьеров в расчетный год рассчитывается по формуле:

$$V_t = \sum_{j=1}^n V_j. \quad (2)$$

Для любого карьера можно выделить четыре стадии, характеризующиеся, выполняемыми объемами горных работ (горной массы):

- первая – строительство карьера;
- вторая – выход на проектную мощность;
- третья – работа карьера на проектной мощности (максимальные объемы выемки горной массы);
- четвертая – «затухание» горных работ.

Причем, каждая стадия характеризуется распределением объемов горных работ. Для оценки изменения объемов горной массы во времени предложено использовать коэффициент неравномерности горных работ, который предложено рассчитать по формуле

$$K_{нгр} = \frac{K_э}{K_{ср}}, \quad (3)$$

где $K_э$ – эксплуатационный коэффициент вскрыши, м³/т; $K_{ср}$ – средний коэффициент вскрыши, м³/т.

Для анализа распределения объемов горных работ по стадиям рассмотрим календарные планы отработки двух характерных золоторудных месторождений (табл. 3 и 4).

Результаты анализа показывают следующий характер изменения $K_{нгр}$ по стадиям:

- на первой стадии $K_{нгр} \geq 2$; ;
- на второй стадии $K_{нгр} = 1 \div 1,15$;
- на третьей стадии вынимается основной объем вскрышных пород (до 60-70 % от всего объема по месторождению) и добывается 50-60 % руды, $K_{нгр} = 1,2 \div 1,4$. .
- на четвертой стадии происходит резкое снижение объемов выемки вскрышных пород и уменьшение объемов добычи руды, $K_{нгр} \leq 1$.

Таким образом, если разрабатывать одновременно несколько близких месторождений, находящихся на различных стадиях разработки, то можно более

54 Таблица 1

Ведущие мировые страны-производители золота, т

	2006	2007	2008	2009	2010	2011	место/ \ тонн	2011	2010	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	
3		1	1	1	1	1	1	369	351	324	351	369	Китай	288	324	351	369	280	288	324	351	369	280	288	324	351	369	280	288	324	351	369	280	288	324	351	369	247
2		3	4	2	2	2	2	259	261	224	261	259	Австралия	211	224	261	259	245	211	224	261	259	245	211	224	261	259	245	211	224	261	259	245	211	224	261	259	247
4		4	2	4	3	3	3	233	229	221	229	233	США	234	221	229	233	239	234	221	229	233	239	234	221	229	233	239	234	221	229	233	239	234	221	229	233	252
6		6	5	5	5	4	4	214	203	205	203	214	Россия	183	205	203	214	169	183	205	203	214	169	183	205	203	214	169	183	205	203	214	169	183	205	203	214	173
1		2	3	3	4	5	5	198	203	220	203	198	ЮАР	232	220	203	198	270	232	220	203	214	270	232	220	203	214	270	232	220	203	214	270	232	220	203	214	296
5		5	6	6	6	6	6	178	185	182	185	178	Перу	175	182	185	178	170	175	182	185	178	170	175	182	185	178	170	175	182	185	178	170	175	182	185	178	202
7		7	8	7	7	7	7	115	140	160	140	115	Индонезия	93	160	140	115	147	93	160	140	115	147	93	160	140	115	147	93	160	140	115	147	93	160	140	115	116
8		8	7	8	8	8	8	108	91	95	91	108	Канада	94	95	91	108	101	94	95	91	101	108	94	95	91	101	108	94	95	91	101	108	94	95	91	104	
10		9	9	9	9	9	9	91	81	92	81	91	Гана	83	92	81	91	75	83	92	81	75	83	83	92	81	75	83	83	92	81	75	83	83	92	81	75	70
9		10	14	13	10	10	10	85	79	62	79	85	Мексика	51	62	79	85	75	51	62	79	85	75	51	62	79	85	75	51	62	79	85	75	51	62	79	85	75
11		11	10	10	11	11	11	71	71	73	71	71	Узбекистан	77	73	71	71	61	77	73	71	61	77	77	73	71	61	77	77	73	71	61	77	77	73	71	61	75
		11	11	11	12	12	12	67	70	71	70	67	Папуа-Новая Гвинея	67	71	70	67	61	67	71	70	61	67	67	71	70	61	67	67	71	70	61	67	67	71	61	60	
								2812	2709	2584	2709	2812	ВСЕГО в мире:	2409	2584	2709	2812	2473	2409	2584	2709	2812	2473	2409	2584	2709	2812	2473	2409	2584	2709	2812	2473	2409	2584	2709	2812	2486

Таблица 2

Ведущие российские производители золота, кг

Производитель	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011	2007	2008	2009	2010	2011
ОАО "Полос Золото"	37548	37760	38262	38031	38262	38262	37760	38262	38031	38262	38262	37760	38262	38031	38262	38262
ЗАО "ГК "Петропавловск"	7421	8405	12240	14835	12240	12240	8405	12240	14835	13924	12240	8405	12240	14835	13924	12240
Kinross Gold Corp	1212	1942	11575	25591	11575	11575	1942	11575	25591	19910	11575	1942	11575	25591	19910	11575
ОАО "Полиметалл"	7828	7273	8907	9298	8907	8907	7273	8907	9298	11072	8907	7273	8907	9298	11072	8907
Nord Gold	2022	2355	5997	9813	5997	5997	2355	5997	9813	9297	5997	2355	5997	9813	9297	5997
Highland Gold Mining	5026	4623	5120	5145	5120	5120	4623	5120	5145	6230	5120	4623	5120	5145	6230	5120
ОАО "Южуралзолото"	3897	4976	5243	5263	5243	5243	4976	5243	5263	4804	5243	4976	5243	5263	4804	5243
ОАО "Высочайший"	2634	3197	4144	3484	4144	4144	3197	4144	3484	3760	4144	3197	4144	3484	3760	4144
ВСЕГО:	67588	70531	91488	111460	91488	91488	70531	91488	111460	108745	91488	70531	91488	111460	108745	91488
Доля ведущих производителей от общей добычи по стране:	39%	42%	50%	54%	50%	50%	42%	50%	54%	54%	50%	42%	50%	54%	54%	55%

Таблица 3

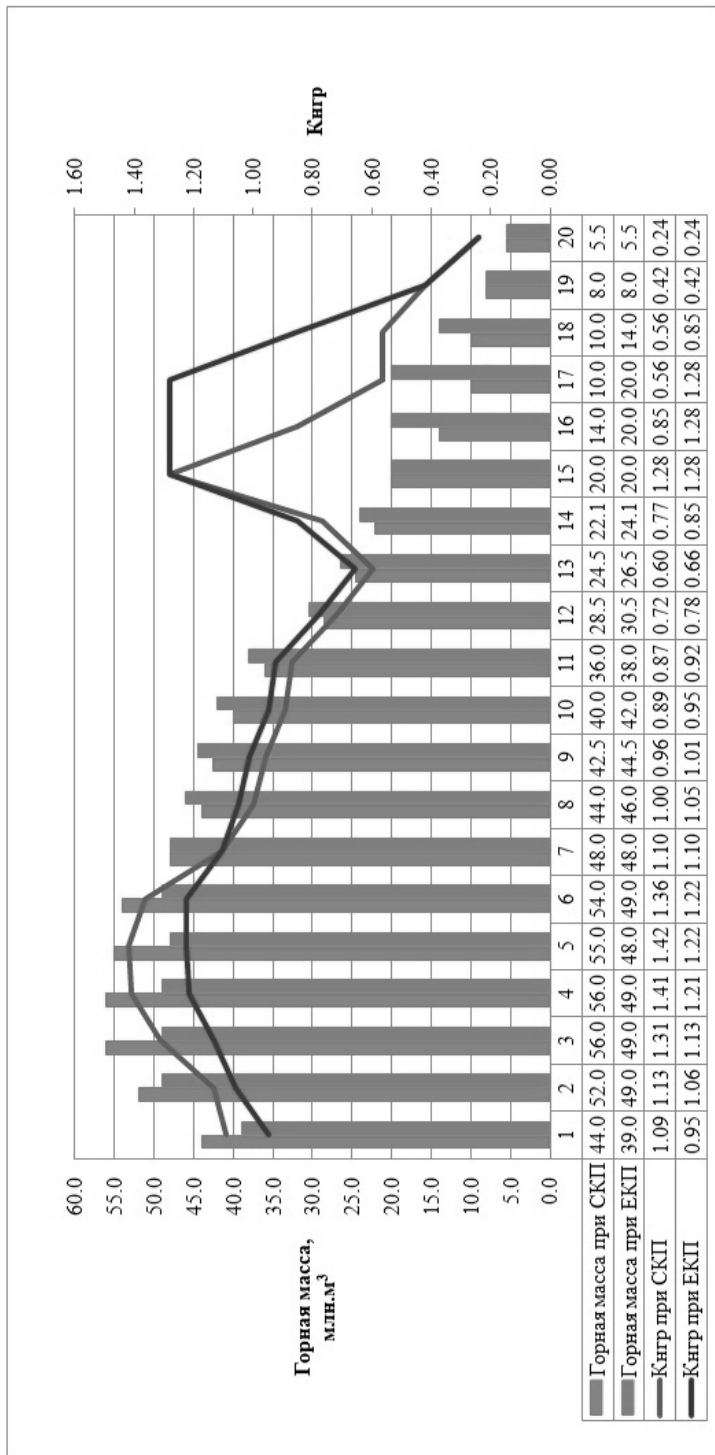
Календарный план разработки первого золоторудного месторождения

Показатель	Ед.изм.	Годы эксплуатации, стадии развития горных работ																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Горная масса	млн.м ³	2.0	5.0	10.0	12.0	15.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	18.0	
Товарная руда	млн.т	0.2	0.5	3.5	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	
Вскрыша	млн.м ³	1.9	4.8	8.7	9.8	12.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	9.64	9.64	2.49	1.64	2.14	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	2.64	
Коэффициент неравномерности ведения горных работ		4.47	4.47	1.16	0.76	0.99	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	
Показатель	Ед.изм.	11		12		13		14		15		16		17		18		19		Итого	
Горная масса	млн.м ³	18.0		18.0		18.0		18.0		14.0		13.0		5.0		4.0		1.1		243.0	
Товарная руда	млн.т	6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		6.0		5.4		96.6	
Вскрыша	млн.м ³	15.8		15.8		15.8		15.8		11.8		10.9		2.9		1.9		0.2		208.3	
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	2.64		2.64		2.64		2.64		1.97		1.81		0.48		0.31		0.07		2.16	
Коэффициент неравномерности ведения горных работ		1.22		1.22		1.22		1.22		0.92		0.84		0.22		0.14		0.03			

Таблица 4

Календарный план разработки второго золоторудного месторождения

Показатель	Ед.изм.	Годы эксплуатации, стадии развития горных работ																			
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
		1		2		3		4		5		6		7		8		9		10	
Горная масса	млн.м ³	7.5	8.0	8.0	8.0	12.0	15.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
Товарная руда	млн.т	2.5	2.5	2.5	2.5	3.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	5.0	
Вскрыша	млн.м ³	6.7	7.2	7.2	7.2	11.0	13.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	2.69	2.89	2.89	2.89	3.69	2.69	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	4.09	
Коэффициент неравномерности ведения горных работ		0.83	0.89	0.89	0.89	1.14	0.83	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	1.26	
Показатель	Ед.изм.	11		12		13		14		15		16		17		18		19		Итого	
Горная масса	млн.м ³	22.0		22.0		22.0		22.0		15.0		15.0		8.0		4.3		1.6		300.4	
Товарная руда	млн.т	5.0		5.0		5.0		5.0		5.0		5.0		5.0		4.5		2.4		843.8	
Вскрыша	млн.м ³	20.4		20.4		20.4		20.4		13.4		13.4		6.6		2.9		0.8		274.0	
Коэффициент вскрыши	м ³ /т	4.09		4.09		4.09		4.09		2.69		2.69		1.46		0.64		0.36		3.25	
Коэффициент неравномерности ведения горных работ		1.26		1.26		1.26		1.26		0.83		0.83		0.45		0.20		0.11			



Временная динамика показателей выемки горной массы (К_{гр} при СКП и ЕКП)

равномерно распределять суммарные объемы вскрыши во времени. С учетом этого, годовой объем вскрышных работ для группы карьеров определяется по формуле:

$$V_{вт} = \sum_{j=1}^n A p_j K_{срj} K_{нгрj} \quad (4)$$

где $A p_j$ – производственная мощность j -ого карьера для расчетного года, млн т; $K_{срj}$ – средний коэффициент вскрыши j -ого карьера, м³/т; $K_{нгрj}$ – коэффициент неравномерности горных работ для j -ого карьера на соответствующей стадии разработки карьера.

Следовательно, для управления объемами вскрышных работ карьеров, работающих в группе, необходимо дополнительно установить порядок их ввода в эксплуатацию, обеспечивая необходимую стадийность.

Для иллюстрации возможности использования данного принципа разработаны сводные календарные планы ведения горных работ для трех карьеров, работающих в составе одного горно-обогатительного комбината (рис.).

- первый, без управления объемами вскрышных работ (СКП);
- второй, разработанный по предлагаемой методике (ЕКП).

За счет применения системного подхода и увязки группы карьеров в единый календарный план достигается уменьшение вскрышных работ в начале разработки и их выравнивание в течение всего времени отработки группы месторождений.

Экономический эффект от реализации предлагаемого подхода к проектированию горных работ очевиден. В рассматриваемом примере его величина составляет более 5 млрд рублей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блауберг И.В., Юдин В.Г. Становление и сущность системного подхода. М., 1973
2. Арсентьев А.И. Горные работы в карьерах (основы теории). – СПб., 2006.
3. Анистратов Ю.И., Анистратов К.Ю., Щадов М.И. Справочник по открытым горным работам: – М.: НТЦ «ГОРНОЕ ДЕЛО», 2010. 700 с., 453 илл.
4. Полищук А.К., Полищук Г.К., Михайлов А.М. Разработка месторождений группой карьеров в системе комбината. – М.: Недра, 1975. – 200 с.
5. Баженов М.В., Холодняков Г.А., Фомин С.И. Обоснование целесообразности разработки месторождений группой карьеров, 1995.
6. Капустин Ю.Е. Горные компьютерные технологии и геостатистика. – СПб.: Недра, 2002. – 424 с.: ил.
7. Вестник золотопромышленника, АЭИ «Прайм» 2005-2012. **ИДБ**

КОРОТКО ОБ АВТОРАХ

Косолапов Александр Иннокентьевич — доктор технических наук, профессор, зав. кафедрой, действительный член академии горных наук, член-корреспондент САН ВШ, kosolapov1953@mail.ru,

Малофеев Дмитрий Евгеньевич — кандидат технических наук, доцент, главный инженер, MalofeevDE@polyusgold.com,

Одаев Денис Геннадьевич — аспирант СФУ, начальник горно-геологического отдела, OdaevDG@PolyusGold.ru, ООО «Полюс Проект».