УДК 622/34, 338/3

JV1.A.РЕВАЗ0В, *д-р техн. наук, профессор, Galiev@msmu.ru*
Н.В.ГАЛИЕВА, *старший преподаватель, Galiev@msmu.ru*
А.Г.ТОЛМАЧЕВ, *соискатель, Galiev@msmu.ru*
Московский государственный горный университет

M.A.REVAZOV, *Dr. in eng. sc, professor, Galiev msmu.ru*
N.V.GALIEVA, *senior lecturer, Galiev@msmu.ru*
A.G.TOLMACHEV, *соискатель, Galiev@msmu.ru*
Moscow State Mining University

*

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНЫХ НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ КОМПАНИИ

Предложены экономико-математические модели выбора эффективных направлений развития и определения доли собственных средств, инвестируемых в проекты развития золотодобывающей компании.

Ключевые слова: экономические модели, выбор эффективных направлений, развитие золотодобывающей компании.

THE ECONOMIC MODEL OF THE CHOICE OF EFFECTIVE DIRECTIONS FOR GOLD MINING COMPANY

The article developed the economic-mathematical mode! of the choice of effective lines of development and determine the share of own funds invested in projects of development gold mining company.

Key words; economic models, the choice of effective directions, the development of gold mining company.

Добычу золота в России осуществляют 492 предприятия. Распределение предприятий по их удельному весу в общем объеме добычи золота следующее, %: 6,2 до 100 кг; 18,8 100-500 кг; 13,0 500-1000 кг; 12,3 1000-2000 кг; 27,4 2000-5000 кг; 22,3 более 5000 кг. Из общего числа предприятий на долю предприятий с объемом добычи до 100 кг приходится 62,8 %*.

Дальнейшее повышение эффективности производства может быть обеспечено на основе расширения действующих золотодобывающих предприятий. Расширение действующего предприятия - строительство дополнительных производств на действующем предприятии, а также строительство новых и расширение существующих отдельных объектов на территории действующих предприятий или примыкающих к ним площадках в целях создания дополнительных или новых производственных мощностей.

Расширение действующего золотодобывающего предприятия предлагается осуществлять при совместном освоении место-

'*Толмачев А Т.* Анализ деятельности золотодобывающей промышленности России // Экономика природопользования: Сб. научных трудов / Московский горный ун-т. М., 2007.

TolmachevAG. Analysis of the gold mining industry in Russia // Environmental Economics: Sat scientific papers' Moscow State Mining University. Moscow, 2007.

рождений россыпного золота, расположенных на территории двух субъектов хозяйствования.

Территория крупнейшей в мире Яно-Колымской золоторудной провинции располагается на территориях Магаданской области и Якутии. Прогнозные ресурсы золота здесь оцениваются примерно в 5000 т. Колыма и Якутия в 2018-2050 гг. смогут вместе добывать до 125 т золота в год.

По мнению специалистов, сделать рывок вперед без предоставления финансовых преференций недропользователям на период поисков, разведки и освоения крупнообъемных месторождений не представляется возможным.

Проект ускоренного освоения Яно-Колымской золоторудной провинции разрабатывался Федеральным агентством по недропользованию совместно с Всероссийским геологическим институтом и Центральным научно-исследовательским геолого-разведочным институтом цветных и благородных металлов. Он построен на принципах государственно-частного партнерства.

Программа экономического и социального развития Магаданской области на 2005-2010 гг. предусматривает мероприятия по укреплению и дальнейшему развитию цветной металлургии, в частности государственной поддержки россыпной золотодобычи и производства современных промывочных установок для добычи золота из россыпных месторождений. Так как компаниям золотодобычи необходимо развиваться, определять наиболее эффективные планы развития, то отбор проектов для оценки приоритетов развития компании предложено производить с помощью следующих моделей.

1. Экономико-математическая модель оптимального выбора проектов развития имеет вид

$$£м>H_{л}->!max; \quad (1)$$

ы

$$n$$

$$Z9/i*/*G/,/«1,2,\ldots_{t}r, \quad (2)$$

М

$$iA*t*€i_{9}t-UX..{}_{H}T_{f} \quad (3)$$

м

$$0<x,<1,/=1,2,\ldots,«,$$

где i - индекс потенциального проекта развития компании; x, - булева переменная, равная единице, если проект t принимается к реализации, и нулю в противном случае; $NPVj$ - общий финансовый результат проекта; t - шаг расчета (год) рассматриваемого периода развития компании; q_{it} - прирост добычи (производства) золота по компании за счет реализации проекта i на шаге /; Q_t - планируемый прирост добычи (производства) золота по компании в целом на шаге t_9 c_a - объем инвестиционных ресурсов, необходимых для реализации проекта / на шаге /; $C,$ - объем инвестиционных ресурсов, доступных компании на шаге t периода развития.

Целевая функция (1) предопределяет выбор совокупностей проектов развития, обеспечивающий максимальный общий финансовый итог по компании в целом.

Ограничения модели предусматривают выполнение требований по планируемому росту добычи (производства) золота в рамках условия (2), по доступным инвестиционным ресурсам для реализации проектов, а также требований, связанных с типом используемых переменных.

2. Экономико-математическая модель определения доли собственных средств, инвестируемых в проекты развития компании, имеет вид

$$£1/V/->max; \quad (4)$$

$$m$$

$$2>jkJ>*C\ /-1,2,\ldots,Г; \quad (5)$$

$$*£•***>*!,*-1,2\ldots m,y=1,2,\ldots_{s}w, \quad (6)$$

где j - индекс проекта развития компании, включенного в программу по результатам решения функции (1); y_{jt} - доля собственных средств, инвестируемых в проекту на шаге t\ PIj - рентабельность инвестирования в проект j\ $Cj,$ - объем инвестиционных ресурсов, требуемый для реализации проекта у на шаге /; Cf - собственные средства компании, предназначенные для инвестирования в проекты развития на шаге /; У£^{ш} - минимально до-

пустимая доля собственных средств, инвестируемых в проект; на шаге /, $0 < y^{™m} < 1$.

Целевая функция (4) предусматривает определение доли собственных средств компании в структуре инвестируемого капитала по каждому проекту на каждом шаге рассматриваемого периода развития с позиций максимизации рентабельности инвестиций.

Ограничения модели следующие: непревышение объема собственных средств компании, предназначенных для инвестирования, и обеспечение установленной минимальной доли собственных средств в структуре инвестиций по каждому проекту на каждом шаге рассматриваемого периода развития.

Экономико-математическая модель оптимального выбора проектов развития компании относится к классу линейных целочисленных моделей с. булевыми переменными, а модель определения доли собственных средств в структуре инвестиций - к классу моделей задач линейного программирования*.

Оценка приоритетных направлений развития компании рассмотрена на примере поиска наиболее эффективного плана развития компании при отборе из пяти проектов освоения месторождений *(A, B,* С, Д £), обеспечивающих наибольший объем добычи при ограниченных капитальных вложениях на основании разработанных экономико-математических моделей. Определен *NPV* по каждому проекту. В качестве примера представлен расчет по проекту *A* (табл.1).

Расчет велся по следующим формулам:

• налог на добычу

$$Н_д = -епС_пСнл\text{-}Ю00,$$

где $Q_{„}$ - объем добычи пески, тыс.м^3; $С_п$ - себестоимость песка, доллары/м^3; $С_{„.д}$ - ставка налога на добычу, $С_{н>д} = 6\ \%$;

• прочие налоги и платежи

$$Н_п - -Н_п убп\text{-}ЮОО,$$

где $Н_{„}$у - сумма налога на 1 м^3 песков по проектам, в проекте *A* $Н_{п>}$ " 0,5;

• чистая прибыль (в долларах)

$$Ч_П = (В + Р_Т + Н_Д + Н_П).0,8,$$

где В - выручка; $Р_т$ - текущие расходы.

Таблица 1

Результаты расчета *NPP*по* проекту *A*

Показатель	Год		Всего
	1-й	2-й	
Объем добычи песков, тыс.м^3	46,84	70,26	117,1
Объем добычи золота, кг	37,8	56,6	94,4
Выручка, доллары	1030002	1545003	2575,0
Капитальные вложения, доллары	1144800	—	—
Себестоимость, доллары/кг	10300	10300	-
Себестоимость, доллары/м^3	6,3	6,3	-
Текущие расходы, доллары	-388928	-583392	-
Амортизация, доллары	-114480	-114480	—
Налог на добычу, доллары	-17706	-26558	-
Прочие налоги и платежи, доллары	-3150	-3150	—
Чистая прибыль, доллары	496175	745522	—
Чистые денежные поступления, доллары	610655	860002	—
Коэффициент дисконтирования	0,91	0.83	—
Дисконтированные чистые денежные поступления, доллары	555141	710746	
NPV, доллары •	. -	-	121087
Рентабельность инвестирования			0,106

Для проектов по отдельному освоению пяти участков *(A, B,* С, Д £), отличающихся сроками отработки участков, объемом капитальных вложений, содержанием золота, себестоимостью добычи золота, рассчитаны результирующие показатели, характеризующие эффективность освоения данных месторождений золота:

Проект	*A*	*B*	*C*	*D*	*E*
NPV> тыс. долларов	121	5748	144	2446	1504
Рентабельность инвестиций	0,106	11,84	0,13	7,703	1,119

* *Резниченхо С.С.* Экономико-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством / С.С.Резниченко, М.П.Подольский, А.А.Ашихмин. М., 1991.

Reznichenko S&, Podolsky MP., Ashikhmin AJI. Economic-mathematical methods and modeling in the planning and management of mining operations. Moscow, 1991.

Таблица 2

Отбор проектов в соответствии с моделью (1)-(3) и определение доли собственных средств по модели *(4)-(6)*

Проект	Год освоения участков	Целевая функция, *NPV,* для проекта в целом, доллары	Прирост добычи золота (функция ограничений ft), кг	Капитальные вложения (функция ограничений с,), доллары	*NPV*$_r$*x,*	*Я,х,*	*Сгх,*	*Щ*	Целевая функция я/у для проекта в целом	*PI*$_r$*y*$_{jXi}$	*CjyjXi* »
A		121087	137,1	1431000	0	0	0	0	0,11	0	0
·	1-й	-	80,5	1431000	0	0	0	0		0	0
	2-й	—	56,6	0	0	0	0	0		0	0
B		5748493	440	485483	5748493	440	485483	1	11,84	3.55	145645
	1-й	-	176	485483	0	176	485483	1		0	145645
	2-й	^—	264	0	0	264	0	1		0	0
C		143571	108,0	1117000	0	0,0	0	0	0,13	0	0
	1-й	-	43,2	II17000	0	0,0	0	0		0	0
	2-й	-	64,8	0 -	0	0,0	0	0		0	0
D		2445727	251,2	317500	2445727	251,2	317500		7,70	2,31	95250
	1-й	-	49,9	317500	0	49,9	317500			0	95250
	2-й	-	49,7	0	0	49,7	0			0	0
	3-й	-	53,1	0	0	53.1	0			0	0
	4-й	—	50,3	0	0	50,3	0			0	0
	5-й	-	48,2	0	0	48,2	0			0	0
E		1503896	242,4	1343517	1503896	242,4	1343517		1,12	0,34	403055
	1-й	—	80,5	1343517	0	80,5	1343517			0	403055
	2-й	-	81,0	0	0	81,0	0			0	0
	3-й	-	80,9	0	0	80,9	0			0	0

В программе Excel с помощью надстройки «Поиск решений» при максимизации показателя *NPV* по модели (1) определено, что наибольший эффект дает реализация проектов B_9 А *E* (табл.2). При формировании табл.2 использованы следующие ограничения: планируемый общий прирост объема добычи золота по всем проектам Д0 > 800 кг, а общие капитальные вложения по всем проектам Кобщ < 6000000 долларов США. Булева переменная определялась с помощью «Поиска решений» в программе Excel.

Рассмотрены несколько вариантов графиков освоения участков, наиболее эффективным признан вариант графика ввода проектов, при котором осваивается сначала участок *E,* далее участок *B* и последним - участок *D* (табл.3). При таком порядке освоения участков обеспечивается прирост добычи золота в целом за 9 лет на 933,6 кг.

Таблица 3

График освоения участков и необходимых собственных капитальных вложений

Год освоения участка	График ввода и освоения участков	Прирост добычи золота, кг	Собственные капитальные вложения, доллары
1	*E*	80,5	403055
2	*E*	81,0	0
3	*B + E*	256,9	548700
4	*B*	264,0	0
5	*D*	49,9	643950
6	*D*	49,7	0
7	*O*	53,1	0
8	*D*	50,3	0
9	*O*	48,2	0
Всего			643950

Если учесть экономию на капитальных вложениях при передаче основных средств от одно!'о проекта ic другому,"гго возможно при раз{>аботанном графике ввода проектов,

то необходимые инвестиции по плану развития компании составят 2147 тыс. долларов, из них 1343517, 485483 и 317500 тыс. долларов должны быть вложены соответственно в 1-м, 3-м и 5-м годах.

При максимизации показателя рентабельности инвестиций *PI* по модели (4)-(6) установлено, что наибольший эффект получается при доле собственных средств по проектам $y_{,} = 0{,}3$ (см. табл.2). Соответственно объем собственных капитальных вложений получен умножением общего объема капитальных вложений на коэффициент $y_{,} = 0{,}3$ (табл.3).