

УДК 330.4

А.Г. Толмачев

**РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ ОЦЕНКИ ПРИОРИТЕТНОСТИ
НАПРАВЛЕНИЙ РАЗВИТИЯ ЗОЛОТОДОБЫВАЮЩЕЙ
КОМПАНИИ**

Предложены экономико-математические модели задачи оптимального выбора проектов развития золотодобывающей компании.

Ключевые слова: добыча золота, россыпные месторождения, инвестируемый капитал.

Семинар №7

В России добычу золота осуществляют 492 предприятия. Распределение предприятий по их удельному весу в общем объеме добычи золота имеет вид: до 100 кг – 6,2%; от 100 до 500 кг – 18,8%; от 500 до 1000 кг – 13,0%; от 1000 до 2000 кг – 12,3%; от 2000 кг до 5000 кг – 27,4%; более 5000 кг – 22,3%. Из общего числа предприятий на долю предприятий с объемом добычи до 100 кг приходится 62,8% [1].

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 прилегающих к ним площадках в целях создания дополнительных или новых производственных мощностей.

Расширение действующего золотодобывающего предприятия предлагается осуществлять при совместном освоении месторождений россыпного золота, расположенных на территории двух субъектов хозяйствования.

Территория крупнейшей в мире Яно-Колымской золоторудной провинции располагается на территориях двух субъектов – Магаданской области и Якутии. Прогнозные ресурсы золота здесь оцениваются в районе 5000 т. Колыма и Якутия примерно с 2018 г. и по 2050-й 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 геологоразведочным институтом цветных и благородных металлов. Он построен на принципах государственно-частного партнерства.

Программа Экономического и социального развития Магаданской области на 2005–2010 годы предусматривает мероприятия по укреплению и дальнейшему развитию цветной металлургии, в частности осуществляет-

Таблица 1
Результаты расчета NPV по проекту А

| № стр. | Показатели | Формула расчета | Годы | | Всего |
|--------|------------------------------------|---|---------|------------|--------|
| | | | 1 | 2 | |
| 1 | Пески, тыс. м ³ | | 46,84 | 70,26 | 117,1 |
| 2 | Объем добычи, кг | | 37,8 | 56,6 | 94,4 |
| 3 | Выручка, дол. | стр. 2*среднее значение цены | 1030002 | 1545003 | 2575,0 |
| 4 | Капитальные вложения, долл. | | 1144800 | | |
| 5 | Себестоимость, дол./кг | | 10300 | | |
| 6 | Себестоимость, дол./м ³ | | 6,3 | | |
| 7 | Текущие расходы | "-стр. 2*стр.5" | -388928 | -583392 | |
| 8 | Амортизация | стр. 4/10 | -114480 | -114480 | |
| 9 | Налог на добычу | -стр.1*стр.6*6%*1000 | -17706 | -26558 | |
| 10 | Прочие налоги и платежи | "-0,5*стр. 6*1000" | -3150 | -3150 | |
| 11 | Чистая прибыль, долл. | "(стр.3+стр.9+стр.10+стр.7)*0,8" | 496175 | 745522 | |
| 12 | Чистые денежн. поступления, долл. | "-стр. 8+стр. 11" | 610655 | 86000 2 | |
| 13 | Кэфф. дисконт. | "1,1^(-№ года)" | 0,91 | 0,83 | |
| 14 | Дисконт. чистые денеж. поступления | "стр. 12*стр.13" | 555141 | 71074 6 | |
| 15 | NPV (ЧДД), дол. | "(стр.14 по 1 году+стр. 14 по 2 году)-стр. 4" | | | 121087 |
| 16 | NPV (ЧДД), тыс. дол. | стр.15/1000 | | | 121 |
| 17 | PI | стр. 16/стр.5/1000 | | | 0,106 |

ся государственная поддержка россыпной золотодобычи и производство современных промывочных установок для добычи золота из россыпных месторождений.

Так как компании золотодобычи необходимо развиваться, определять наиболее эффективные планы развития, то отбор наиболее эффективных проектов для оценки приоритетности направлений развития компании предложено производить с помощью следующих моделей.

Экономико-математическая модель задачи оптимального выбора проектов развития имеет следующий вид:

$$\sum_{i=1}^n NPV_i x_i \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$\sum_{i=1}^n q_{it} x_i \geq Q_t, \quad t=1,2,\dots,T \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n c_{it} x_i \leq C_t, \quad t=1,2,\dots,T$$

$$0 \leq x_i \leq 1, \quad x_i - \text{целое}, \\ i=1,2,\dots,n$$

(3)

где i - индекс потенциального проекта развития компании ($i=1,2,\dots,n$); x_i - булева переменная, принимающая значение 1 если проект i принимается к реализации и 0, в противном случае; NPV_i - общий финансовый результат проекта; t - шаг расчета (год) рассматриваемого периода развития компании ($t=1,2,\dots,T$); q_{it} - прирост добычи (производства) золота по компании за счет реализации проекта i на шаге t ; Q_t - планируемый прирост добычи (производства) золота по компании в целом на шаге t ; c_{it} - объем инвестиционных ресурсов, необходимых для реализации проекта i на шаге t ; C_t - объем инвестиционных ресурсов,

Таблица 2

Результатирующие показатели проектов

| Проекты | NPV | PI |
|---------|------|-------|
| A | 121 | 0,106 |
| B | 5748 | 11,84 |
| C | 144 | 0,13 |
| D | 2446 | 7,703 |
| E | 1504 | 1,119 |

доступных компании на шаге t периода развития.

Целевая функция модели (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 программы развития компании (2), по доступным инвестиционным ресурсам для реализации проектов и требований, связанных с типом используемых переменных.

Таблица 3

Отбор проектов в условиях ограниченного бюджета

| Список проектов | Коэффициенты целевой функции, NPV _i | Коэффициенты функции ограничений, q _i | Коэффициенты функции ограничений, c _i | Целевая функция, NPV _i *X _i | Функция ограничений, q _i *X _i | Функция ограничений, c _i *X _i | Переменные целевой функции, X _i |
|-----------------|--|--|--|---|---|---|--|
| 1. | 2. | 3. | 4. | 5. | 6. | 7. | 8. |
| Проект "А" (X1) | 121087 | 137,1 | 1431000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 1 | | 80,5 | 1431000 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | | 56,6 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Проект "В" (X2) | 5748493 | 440 | 485483 | 5748493 | 440 | 485483 | 1 |
| 1 | | 176 | 485483 | 0 | 176 | 485483 | 1 |
| 2 | | 264 | 0 | 0 | 264 | 0 | 1 |
| Проект "С" (X3) | 143571 | 108,0 | 1117000 | 0 | 0,0 | 0 | 0 |
| 1 | | 43,2 | 1117000 | 0 | 0,0 | 0 | 0 |
| 2 | | 64,8 | 0 | 0 | 0,0 | 0 | 0 |
| Проект "D" (X4) | 2445727 | 251,2 | 317500 | 2445727 | 251,2 | 317500 | 1 |
| 1 | | 49,9 | 317500 | 0 | 49,9 | 317500 | 1 |
| 2 | | 49,7 | 0 | 0 | 49,7 | 0 | 1 |
| 3 | | 53,1 | 0 | 0 | 53,1 | 0 | 1 |
| 4 | | 50,3 | 0 | 0 | 50,3 | 0 | 1 |
| 5 | | 48,2 | 0 | 0 | 48,2 | 0 | 1 |
| Проект "E" (X5) | 1503896 | 242,4 | 1343517 | 1503896 | 242,4 | 1343517 | 1 |
| 1 | | 80,5 | 1343517 | 0 | 80,5 | 1343517 | 1 |
| 2 | | 81,0 | 0 | 0 | 81,0 | 0 | 1 |
| 3 | | 80,9 | 0 | 0 | 80,9 | 0 | 1 |
| max NPV= | | | | 9698 | | | |

Экономико-математическая модель задачи определения доли собственных средств, инвестируемых в проекты развития компании имеет следующий вид:

$$\sum_{t=1}^T \sum_{j=1}^m PI_j y_{jt} \rightarrow \max, \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^m c_{jt} y_{jt} \leq C_t^{\text{собств}}, \quad t=1,2,\dots,T, \quad (5)$$

$$y_{jt}^{\min} \leq y_{jt} \leq 1, \quad t=1,2,\dots,m, \quad j=1,2,\dots,m \quad (6)$$

где j - индекс проекта развития компании, включенного в программу по результатам решения задачи оптимального выбора (1); y_{jt} - доля собственных средств инвестируемых в проект j на шаге t ; PI_j - рентабельность инвестирования в проект j ; c_{jt} - объем инвестиционных ресурсов требуемый для реализации проекта j на шаге t ;

Таблица 4

Вариант графика ввода проектов

| Годы | Прирост добычи | График ввода проектов |
|-----------|----------------|-----------------------|
| 1 | 80,5 | Е |
| 2 | 81,0 | Е |
| 3 | 256,9 | В+Е |
| 4 | 264,0 | В |
| 5 | 49,9 | Д |
| 6 | 49,7 | Д |
| 7 | 53,1 | Д |
| 8 | 50,3 | Д |
| 9 | 48,2 | Д |
| Всего, кг | 933,6 | |

$C_t^{\text{собств.}}$ - собственные средства компании, предназначенные для инвестирования в проекты развития на шаге t ; y_{jt}^{min} - минимально допустимая доля собственных средств, инвестируемых в проект j на шаге t ($0 \leq y_{jt}^{\text{min}} \leq 1$).

Целевая функция модели (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 предусматривают соблюдение требований по неперевышению объема собственных средств компании, предназначенных для инвестирования и обеспечению 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 [2].

200

Таблица 5

Необходимые инвестиции по плану развития компании

| Годы | Инвестиции, долл. |
|-------|-------------------|
| 1 | 1343517 |
| 2 | 0 |
| 3 | 485483 |
| 4 | 0 |
| 5 | 317500 |
| 6 | 0 |
| 7 | 0 |
| 8 | 0 |
| 9 | 0 |
| Всего | 2147 тыс. долл. |

Реализация оценки приоритетных направлений развития компании рассмотрена на следующем варианте, который определяет наиболее эффективный план развития компании при отборе из пяти проектов освоения месторождений (А, В, С, D, Е), обеспечивающий наибольший объем добычи при ограниченных капитальных вложениях на основании разработанных экономико-математических моделей.

Определен NPV по каждому проекту (табл.1) по алгоритму представленному в графе «Формула расчета».

Для пяти проектов (А, В, С, D, Е) рассчитаны следующие результирующие показатели (табл. 2), характеризующие эффективность освоения данных месторождений золота.

В программе Excel с помощью надстройки **Поиска решений** при максимизации показателя NPV по модели (1) определено, что наибольший эффект получается при реализации В, D, Е (табл. 3). Тогда наиболее эффективным признан следующий вариант графика ввода проектов (табл. 4), который обеспечивает прирост добычи золота каждый год, в целом за 9 лет – 993,6 кг.

Если учесть экономию на капитальных вложениях при передаче основных средств от одного проекта к

Таблица 6

Определение доли собственных средств

| Список проектов | Коэффициенты целевой функции, P_j | Коэффициенты функции ограничений, c_j | Целевая функция, $P_j^*y_j$ | Функция ограничений, $c_j^*y_j$ | Переменные целевой функции, x_i | Переменные целевой функции, y_j |
|-----------------|-------------------------------------|---|-----------------------------|---------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Проект "А" (X1) | 0,11 | 1144800 | -0,02 | 0 | 0 | 0,3 |
| 1 | | 1144800 | 0,00 | 0 | 0 | 0,3 |
| 2 | | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,3 |
| Проект "В" (X2) | 11,84 | 485483,3 | 3,55 | 145645 | 1 | 0,3 |
| 1 | | 485483,3 | 0,00 | 145645 | 1 | 0,3 |
| 2 | | | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| Проект "С" (X3) | 0,13 | 1117000 | 0,04 | 0 | 0 | 0,3 |
| 1 | | 1117000 | 0,00 | 0 | 0 | 0,3 |
| 2 | | 0 | 0,00 | 0 | 0 | 0,3 |
| Проект "D" (X4) | 7,70 | 317500 | 2,31 | 95250 | 1 | 0,3 |
| 1 | | 317500 | 0,00 | 95250 | 1 | 0,3 |
| 2 | | | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| 3 | | 0 | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| 4 | | 0 | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| 5 | | 0 | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| Проект "E" (X5) | 1,12 | 1343517 | 0,34 | 403055 | 1 | 0,3 |
| 1 | | 1343517 | 0,00 | 403055 | 1 | 0,3 |
| 2 | | 0 | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| 3 | | 0 | 0,00 | 0 | 1 | 0,3 |
| max P_i | | | 6,27 | | | |

Таблица 7

Капитальные вложения собственные

| Годы | График ввода проектов | Капитальные вложения, собственные, С, долл. |
|------|---------------------------------|---|
| 1 | Е | 403055 |
| 2 | Е | 0 |
| 3 | В+Е | 548700 |
| 4 | В | 0 |
| 5 | Д | 643950 |
| 6 | Д | 0 |
| 7 | Д | 0 |
| 8 | Д | 0 |
| 9 | Д | 0 |
| | Инвестиции собственные, С всего | 644 тыс. долл. |

другому, что позволяет разработанный график ввода проектов, то необходимые инвестиции по плану развития компании составят 2147 тыс. долл. (табл.5).

При максимизации показателя P_i по модели (2) определено, что наибольший эффект получается при доли собственных средств по проектам равной 0,3 (табл. 6). Собственные средства тогда составят 644 тыс. долл. (табл. 7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Толмачев А.Г. Анализ деятельности золотодобывающей промышленности России. // Экономика природопользования. Сб. научных трудов.– М.: МГУ, 2007.

2. Резниченко С.С., Подольский М.П., Ашихмин А.А. Экономико-математические методы и моделирование в планировании и управлении горным производством. – М.: Недра, 1991. **ГЛАВ**

Коротко об авторе

Толмачев А.Г. – соискатель кафедры ЭПП, Московский государственный горный университет, Moscow State Mining University, Russia, ud@msmu.ru