РАЗРАБОТКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

УДК 662.271:51.001.57

Е.Б.ГРИДИНА
Горный факультет, студентка группы ТОм-96,
ассистент профессора

АНАЛИЗ РИСКА ИНВЕСТИРОВАНИЯ РАЗРАБОТКИ ТЕХНОГЕННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Проблема точности и надежности проектных решений – характерная черта современного этапа развития всех сфер материального производства, в том числе и горного. Категория точности выступает в качестве одного из объективных критериев результатов исследований и двояким образом влияет на них: с одной стороны, способствует прогрессивному развитию техники и технологии материального производства, с другой – играет роль фильтра, отсеивающего несостоятельные научные гипотезы, теории, и одновременно стимулирует поиск новых, более объективных моделей изучаемого процесса.

На современном этапе развития отношений на рынках минерального сырья и в связи с необходимостью лицензирования месторождений полезных ископаемых следует определять риск принятия конкретных проектных решений, который является производной от таких факторов, как соотношение достоверности и неопределенности в исходных данных; надежность методов решения и адекватность критериев оценки реальным условиям.

При решении задачи, поставленной в форме статистической модели, проведен анализ случайных величин с функцией условного распределения и получено решение относительно некоторого априорного распределения состояний горно-технической системы, минимизирующее ожидаемое значение функции потерь. Таким образом, проведен анализ риска инвестирования разработки техногенного месторождения, определена целесообразность его открытой разработки. Обоснована необходимость повышения точности, оперативности и надежности проектных решений в условиях рыночной национальной модели экономики, стохастического характера исходных данных.

The most typical feature of the present stage of developing all spheres of production of materials including mining industry is the problem of accuracy and reliability of design. The category of accuracy acts as one of impartial criteria of results of any research and has ambiguous influence on them: on the one hand, it helps progressive development of technical devices and technology of material production; on the other hand, it plays the role of a filter, separating mistrustful theories and hypotheses, stimulating the search of new, more perspective theories and models of a process investigated.

At the present stage of development of relations in markets of mineral resources in view of necessity of licensing of mineral deposits it should be decided on the risk of adopting specific rational designs, which is a derivative of such factors as correlation of reliable and uncertain initial data, reliability of methods of design and adequacy of criteria of estimation to actual conditions.

Solving a problem posed as a computational model, analysis of accidental quantities with a function of conditional distribution is made, and decision on an a priori distribution of conditions of the technique in mining system, which minimizes expected function of loss, is made. Thus, analysis of investment risks in mining technogenous deposits is made and expediency of their development with open-cut method is estimated. The necessity of increase of precision, effectiveness and reliability of design decisions in terms of the national market model of economy and stochastic initial data is proved.

Проблема точности и надежности проектных решений – характерная черта современного этапа развития всех сфер материального производства, в том числе и горного. Известно, что категория точности выступает в качестве одного из объективных критериев результатов исследований и двояким образом влияет на них: с одной стороны, способствует прогрессивному развитию техники и технологии материального производства, с другой – играет роль фильтра, отсеивающего несостоятельные научные гипотезы, теории, и одновременно стимулирует поиск новых, более объективных моделей изучаемого явления или процесса.

На современном этапе развития отношений на рынках минерального сырья и в связи с необходимостью лицензирования месторождений полезных ископаемых следует определять риск принятия конкретных проектных решений, который является производной от таких факторов, как соотношение достоверности и неопределенности в исходных данных; надежность методов решения и адекватность критериев оценки реальным условиям. В том случае, когда не представляется возможным снизить неопределенность, целесообразно определить, каков будет риск и возможные последствия риска при невыполнении намеченного в этом случае решения. Под риском принято понимать вероятность потери лицом или организацией части своих ресурсов, недополучения доходов или появления дополнительных расходов в результате осуществления определенной производственной или финансовой политики.

Рассмотрим, как учитывается фактор риска при обосновании целесообразности инвестирования разработки техногенного месторождения (ТМ).

При решении вопроса о разработке техногенного месторождения положительный ответ будет решением a_1, а отрицательный – a_2. Таким образом, множество решений $A = \{a_1, a_2\}$. Проведенные исследования позволяют обнаружить полезные компоненты, но не дают ответа, инвестировать или не инвестировать проект.

Состоянием горно-технической системы в данном случае будет содержание полезного компонента, так как истинное значение его не известно. В том случае, если содержание полезного компонента в среднем высокое или умеренное, то экономическая эффективность разработки будет высокой. Однако если содержание полезного компонента будет низким, то разработка техногенного месторождения может оказаться нерентабельной.

Введем обозначения для состояний горно-технической системы: Θ_1 – ТМ с высоким средним содержанием полезного компонента; Θ_2 – ТМ с умеренным средним содержанием полезного компонента; Θ_3 – ТМ с низким средним содержанием полезного компонента.

Проведем экономический расчет эффективности разработки для всех трех вариантов и результаты представим в табл.1.

Таблица 1

Экономическая эффективность разработки ТМ в зависимости от содержания полезных компонентов, млн. руб.

a_i	Θ_1	Θ_2	Θ_3
a_1	70	24	-24
a_2	0	0	0

Нулевая эффективность относится к случаю отказа от разработки техногенного месторождения; $a_1 = -24$ означает, что разработка ТМ не оправдает затрат, а, наоборот, приведет к убыткам в 24 млн руб.

Уровень неопределенности можно снизить благодаря дополнительной статистической информации. Тогда задача становится не стратегической, а статистической. Эту информацию можно получить, проведя физико-минералогическое исследование и установление минимального промышленного содержания полезного компонента применительно к ТМ, что позволит более точно, чем при разведочных работах, определить состояние, в котором находятся в данный момент полезные компоненты. Это несколько снизит эффективность, но оправдает дополнительные затраты. По результатам до-

полнительных исследований получим множество

$$X = \{x_1, x_2, x_3\},$$

где x_1, x_2, x_3 – значения содержания полезного компонента в рассматриваемом ТМ, например, для железосодержащих месторождений $x_1 = 50$ %, $x_2 = 33$ %, $x_3 = 17$ %.

По данным дополнительных исследований были оценены условия вероятности получения отдельных результатов $x_i \in X$ для соответствующих состояний горно-технической системы $\Theta \in \Omega$:

$P(x_1; \Theta_1) = 0{,}7$; $P(x_1; \Theta_2) = 0{,}3$; $P(x_1; \Theta_3) = 0{,}1$;

$P(x_2; \Theta_1) = 0{,}2$; $P(x_2; \Theta_2) = 0{,}5$; $P(x_2; \Theta_3) = 0{,}2$;

$P(x_3; \Theta_1) = 0{,}1$; $P(x_3; \Theta_2) = 0{,}2$; $P(x_3; \Theta_3) = 0{,}7$.

От стратегической модели (Ω, A, W) переходим к задаче в условиях риска (Ω, D, R). Обозначим D – множество стратегий специалиста, принимающего решения, т.е. множество функций d, отображающих множество X во множество A.

Функцией платежей будет функция риска $R(\Theta, d) = M[L(\Theta, a)]$, где функция потерь принимает значения $L(\Theta, a) = -W(\Theta, a)$ (табл. 2).

Таблица 2

Функция потерь, млн руб.

Θ_i	a_1	a_2
Θ_1	-70	0
Θ_2	-24	0

Составим табл.3 множества возможных нерандомизированных функций d ($d \in D$, $2^3 = 8$) решений при разных x_i.

Таблица 3

Множество возможных нерандомизированных функций

x_i	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
x_1	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2	a_1	a_2
x_2	a_1	a_1	a_2	a_1	a_2	a_1	a_2	a_2
x_3	a_1	a_2	a_1	a_1	a_1	a_2	a_2	a_2

Рассчитаем по табл.3 значения риска. Воспользуемся данными вероятностей состояний горно-технической системы и получим на основании функции потерь их математические ожидания, т.е. функции риска.

При $j \in [1; m]$ и $i \in [1; n]$ (в данном случае $m = 8$ и $n = 3$) и $k = 1,2,3$

$$M\left[L\left(\Theta_k, d_j\right)\right] = \sum_{i=1}^{n} \left(d_j(x_i) P(x_i, \Theta_k)\right). \qquad (1)$$

Используя формулу (1), получим табл.4 значений риска.

Матрица (табл.4) имеет седловую точку, равную нулю. Но это решение нельзя отнести к разумной стратегии. С учетом чрезмерной осторожности всегда предполагается принятие решения a_2 – не разрабатывать техногенное месторождение, не инвестируя – не рискуешь, но и прибыли не получишь.

Оптимальной стратегией специалиста, представляющего потенциального инвестора, будет байесовская функция решения, которую можно оценить с использованием функции распределения вероятностей содержания полезного компонента, полученной на основе полных, достаточно обширных исследований и равной $P(\Theta_1) = 0{,}2$; $P(\Theta_3) = 0{,}5$; $P(\Theta_3) = 0{,}3$.

С учетом априорного распределения $r(\xi, d)$ можно определить оптимальную байесовскую функцию, минимизируя риски. Для этого вычислим все восемь значений и

Таблица 4

Значения функции риска

x_i	d_1	d_2	d_3	d_4	d_5	d_6	d_7	d_8
x_1	-70	-63	-56	-21	-7	-14	-49	0
x_2	-24	-19,2	-12	-16,8	-4,8	-12	-7,2	0
x_3	24	7,2	19,2	21,6	16,8	4,8	2,4	0

возьмем минимальное из них. При $j \in [1; 8]$ и $k \in [1, n]$ (в данном случае $n = 3$)

$$r(\xi, d_j) = \sum_{k=1}^{n} (d_j(\Theta_k) P(\Theta_k)), \qquad (2)$$

где $r(\xi, d_1) = -18{,}8$; $r(\xi, d_2) = -20{,}04$; $r(\xi, d_3) = -11{,}44$; $r(\xi, d_4) = -6{,}12$; $r(\xi, d_5) = 1{,}24$; $r(\xi, d_6) = -7{,}36$; $r(\xi, d_7) = -12{,}68$; $r(\xi, d_8) = 0$.

Из полученных данных заключаем, что $\min r(\xi, d) = r(\xi, d_2) = -20{,}04$.

Следовательно, оптимальной байесовской стратегией специалиста в статистической игре (Ω, D, R), которая моделирует эксплуатацию техногенного месторождения, будет функция решения d_2, в которой $d_2(x_1) = a_1$, $d_2(x_2) = a_1$, $d_2(x_3) = a_2$.

Таким образом, рассмотренные варианты 1 и 2 являются экономически целесообразными для инвестирования, а вариант 3 – нерентабелен. В результате разработки техногенного месторождения может быть получена прибыль в размере 20 млн руб.

Научный руководитель профессор, д.т.н. *Г.А.Холодняков*

УДК 622.272

Д.Ю.МИНАЕВ
Горный факультет, студент группы ТПР-99,
ассистент профессора

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОСХОДЯЩЕЙ ОТРАБОТКИ РУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Во всем мире наблюдается тенденция к отработке мощных месторождений комбинированным открытоподземным способом с нисходящим порядком отработки этажей. В статье предлагается восходящий порядок отработки этажей при применении комбинированной отработки месторождения. Сущность рассматриваемого предложения состоит в следующем: вскрытие месторождения ведется сразу на всю глубину разработки ступенями по 240 м, где располагают концентрационные горизонты. Каждый шаг вскрытия делится на этажи высотой от 40 до 120 м, отрабатываемые в восходящем порядке. Этаж разбивается на выемочные блоки, отрабатываемые этажно-камерной системой разработки. При этом в пределах блока в первую очередь отрабатывают узкие камеры длиной 5 м и закладывают их малопрочной твердеющей закладкой. После этого отрабатывают оставшиеся запасы блока длиной 35 м и заполняют гидравлической породной закладкой от проходки горных выработок и вскрыши карьера. Применение породной и низкопрочной твердеющей закладки позволяет снизить себестоимость добываемой руды несмотря на значительные первоначальные капитальные затраты на проведение капитальных выработок – стволов и концентрационных горизонтов.

Проведенное исследование убедительно доказывает, что восходящий порядок отработки глубокозалегающих месторождений при комбинированной отработке месторождения является более эффективным, чем традиционный нисходящий порядок выемки с применением прочной твердеющей закладки.

The whole world tends now to mine mineral deposits combining mining with open-cut mining using downcast mining level by level. In the given article a method of upward mining of levels using combined method is offered. The sum and substance of the offered is in simultaneous stripping the whole depth of stratum in benches 240 m high, where concentration levels should be placed. Every bench is subdivided into levels 40-120 m high, which should be mined upward. Every level in its turn is divided into extraction blocks, which are to be mined using level-and-room method. Firstly, narrow rooms 5 m long should be mined. Then they have to be filled back with weak hardening backfill. After that the rest 35 m of each block are to be mined and eventually filled with hydraulic rock backfill, which consists of gangue and overburden. Usage of