© Д.Р. Каплунов, В.А. Юков, 2008

УДК 622.343'48

Д.Р. Каплунов, В.А. Юков

*ЭФФЕКТ ОТ ПЕРЕРАБОТКИ МАТЕРИАЛОВ ТЕХНОГЕННЫХ ОБРАЗОВАНИЙ**

На конкретных примерах предварительно определена эффективность создания новых производств по переработке материалов техногенных образований, сопутствующих подземной разработке месторождения.

Ключевые слова: техногенные образования, оценка эффективности.

Техногенные образования, сопутствующие разработке месторождений полезных ископаемых, - это отходы горно-обогатительного и металлургического производств. В них содержатся полезные компоненты. Более подробно характеристика отходов горного и обогатительного переделов цветной и черной металлургии представлена в [1]. Там же приведены возможности их утилизации или переработки и некоторые положения по снижению негативного воздействия на атмосферу, по схемам осушения, по очистке шахтных вод.

Рассматривается на примере разработки мощного медно-колчеданного месторождения. Учитываются два варианта горно-геологических условий. В первом применяется система разработки горизонтальными слоями с твердеющей закладкой, во втором – система подэтажного обрушения, что обуславливает разное количество попутно добываемой пустой породы и некондиционных руд и получаемых хвостов обогащения. Более подробно показатели создаваемых техногенных образований: количество добытой и измельчённой горной массы, размещаемой в отвалах и хвостохранилищах на земной поверхности, площади занятые прогибами, провалами, воронками, отвалами и хвостохранилищами приведены в [2]. Остановимся на переработке некондиционных руд, хвостов обогащения (табл. 1) и полезных пустых пород (табл. 2).

Расчёты выполнены из предположения, что в течение 10 лет удастся переработать половину материалов отвалов и хвостохранилища. В некондиционных рудах содержится 0,01 % меди и 0,04 % цинка. В хвостах обогащения содержание меди 0,2 % и цинка 0,49 %. Стоимость на Лондонской бирже металлов в 2007 г составляла 8400-8400 дол/т меди и 2500 дол/т цинка. При переработке кучным выщелачиванием извлечение для забалансовых руд обычно планируют на уровне 60-70 %, для мелкодробленых хвостов оно выше – 75-80 %. Извлечение меди цементацией на железном скрапе (на жёлобе) из про-

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 06-05-064541).

Таблица 1

Исходные данные для оценки реализуемости вариантов переработки материалов техногенного образования

Показатели	Усл. обозн.	Варианты		Велич. станд. отклон.
		1	2	
Некондиционная руда				
Перерабатываемые запасы, т	$\overline{X_1}$	200.000	350.000	20000/35000
Среднее содержание условного металла (в пересчёте на медь), дол. ед	$\overline{X_2}$	0,00225	0,00225	0,000225
Общее извлечение условного металла, дол. ед.	$\overline{X_3}$	0,552	0,552	0,005
Общие эксплуатационные расходы, руб/т	$\overline{X_4}$	219,5	219,5	21,5
Средняя извлекаемая ценность из 1 т запасов, руб	$\overline{X_5}$	228,0	228,0	22,8
Хвосты обогащения				
Перерабатываемые запасы, т	$\overline{X_1}$	8.730.000	8.750.000	87300/87500
Среднее содержание условного металла (в пересчёте на медь), дол. ед	$\overline{X_2}$	0,0035	0,0035	0,00035
Общее извлечение условного металла, дол. ед.	$\overline{X_3}$	0,727	0,727	0,005
Общие эксплуатационные расходы, руб/т	$\overline{X_4}$	117,2	117,2	11,7
Средняя извлекаемая ценность из 1 т запасов, руб	$\overline{X_5}$	472	472	47,2

Таблица 2

Исходные данные к оценке реализуемости проекта получения продукции из полезных пород

Показатели	Усл. обозн.	Средняя величина	Стандар. отклон.
Перерабатываемый объём пород, т	$\overline{X_1}$	1.000.000	100.000
Выход стандартного продукта, доли ед.	$\overline{X_2}$	0,95	0,01
Общие эксплуатационные расходы, руб./т	$\overline{X_3}$	151,4	15,1
Средняя получаемая ценность , руб./т	$\overline{X_4}$	453,3	45,3
Капитальные затраты, млн руб		37	

дуктивных рудных растворов составляет 0,92-0,97 %, из продуктивных растворов выщелачивания хвостов – 0,97-0,98 %. Затраты на добычу, погрузку, транспорт, дробление и переработку материалов техногенных образований определены с учётом опыта отечественных рудников и практики рудников Австралии, Канады и США по кучному выщелачиванию отвалов и хвостохранилищ месторождений благородных металлов.

Для создания нового производства необходимы инвестиции. На сооружение участка выщелачивания капзатраты составят 111 млн. руб. Рас-

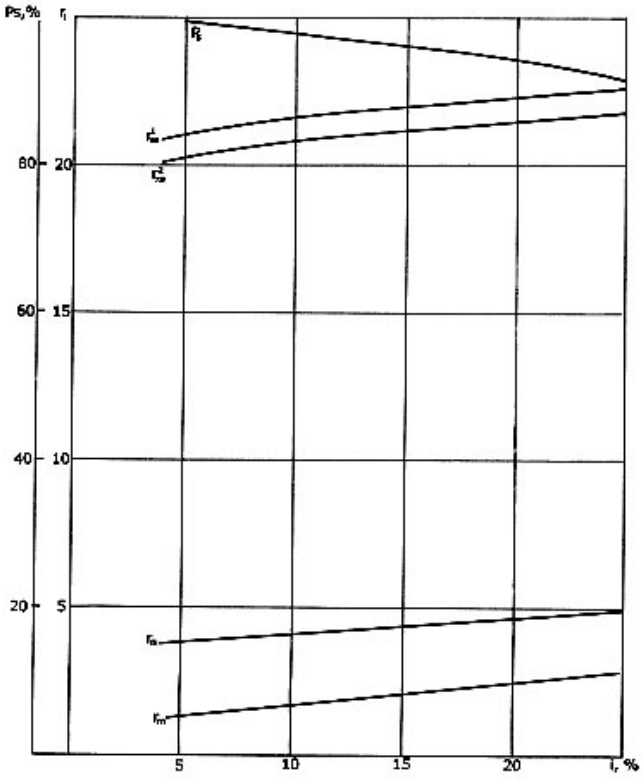
пределяются они следующим образом: приобретение оборудования для погрузки, транспорта, дробления и укладки в штабель 60, подготовка участка и узла переработки растворов 30, обустройство водоснабжения 21 млн. руб. Оценка реализуемости намечаемого проекта выполнена с использованием метода принятия решений в условиях неопределённости [3], успешно ранее адаптированного [4]. Суть метода состоит в сравнении двух показателей окупаемости инвестиций: минимального (r_m), при котором проект безубыточен, и возможного для данного проекта (r_i). Причём используется значение прибыли до выплаты налогов. Оценивается потенциальная деятельность цеха горного предприятия, который ещё предстоит построить. В соответствии с этим предварительно необходимо оценить технико-экономические показатели и определить его экономическую эффективность. Оценка выполняется на основе ограниченного набора существенно влияющих внешних (цена продукции, ставка дисконтирования) и внутренних (запасы, содержание, технология переработки) факторов.

Для определения случайной переменной, описывающая общую прибыль на начало отработки техногенного образования до выплаты налогов, можно записать следующее уравнение $F_{(хв)}= \overline{X}_1(\overline{X}_2\overline{X}_3\overline{X}_5 - \overline{X}_4)$. При разворачивании в ряды Тейлора вокруг каждого значения средней величины случайной переменной $x_к$ получаем функцию общей прибыли П и функцию отклонения общей прибыли $Var_{(П)}$. Стандартное отклонение прибыли равно корню квадратному из величины её колебания: Станд. откл.$= \sqrt{Var_{(П)}}$.

Общие эксплуатационные расходы включают затраты на складирование, отвалообразование, хранение, добычу, транспортировку, дробление и переработку, включая металлурги. Извлекаемая ценность определена на основе биржевой стоимости металлов при общем коэффициенте извлечения (выщелачивание +цементация) в 0,55 для некондиционной руды и 0,73 для хвостов обогащения. Стандартное отклонение всех переменных от средней величины приняты равными 10 %. Результаты расчётов по избранному методу представлены на рис.

Если необходимы первоначальные инвестиции в строительство, то наиболее эффективна переработка хвостов обогащения в связи с их количеством и более высоким (по сравнению с некондиционной рудой) содержанием металлов. При содержании в отвальной руде 0,01 % меди и 0,04 % цинка (в хвостах обогащения 0,2 и 0,49 соответственно) предполагаемая общая прибыль составит 1,8 млн руб., что явно недостаточно для окупаемости капзатрат. Создание участка выщелачивания для переработки только некондиционных руд отвала горного цеха явно нерентабельно. В то же время при подключении к переработке на установке выщелачивания материалов хвостохранилища небольшого объёма отвальной руды может дать некоторую дополнительную прибыль.

При расчётах коэффициент дисконтирования *i* используется, с одной стороны, для определения текущей величины денежных потоков, реализуемых в разные моменты времени. С другой стороны, он связан с понятием стоимости капитала предприятия, что



отражает его (предприятия) способность обслуживать обязательства перед кредиторами и инвесторами. При П>0 эти обязательства будут выполнены. Тогда коэффициент дисконтирования i можно рассматривать как некую пороговую величину, минимально допустимый уровень рентабельности проекта.

Из рисунка следует, что во всём диапазоне i = 5 - 25 % кривые $r_{хв}^1$ и $r_{хв}^2$ расположены выше r_m , т.е. $r_i > r_m$. Это означает, что проект обеспечивает доход. Следует рассматривать вопрос о его принятии и переходе к детальному расчёту ЧДД, ВНД и других обязательных показателей при разработке технического проекта на строительство участка выщелачивания.

Количество полезных пустых пород одинаково в обоих вариантах и в сумме составляет 1 млн. т. Распределяются и используются они следующим образом. Скальные породы в количестве 450 тт перерабатываются (дробятся) во фракционированный щебень (40-100 мм, 20-70 мм, 5-20 мм) М800 и М600 в равных долях и реализуются по цене 680 руб/м^3 и 650 руб/м^3 соответственно для автодорожного строительства и приготовления бетона марки «400».

Полускальные породы в количестве 350 тт перерабатываются в дроблённый песок (0-5 мм) и реализуются по цене 550 руб/м^3 для строительных работ. Рыхлые породы в количестве 250 тт используются для засыпки воронок, провалов, прогибов.

Инвестиции в создание производства по переработке полезных пустых пород (в щебень и песок, см. выше) составят 37 млн руб., в том числе оборудование для дробления - 20, подготовка участка (цех дробления и склад готовых материалов) – 10, погрузочно-транс-портное оборудование – 7. В общие эксплуатационные расходы по переработке пород включены затраты на добычу, транспорт и дробление. Для оценки реализуемости проекта применён тот же метод. Общую прибыль до выплаты налогов можно определить по уравнению

$F_п = \overline{X_1}(\overline{X_2}\,\overline{X_4} - \overline{X_3})$.

Результаты представлены на рис. кривой $r_п$, отражающей эффективность вложения средств в переработку полезных пород. Во всём рассматриваемом диапазоне $r_п > r_m$.

Получаемая прибыль перекрывает понесённые затраты – проект реализуем. Также как и при оценке целесообразности переработки металлосодержащих отходов следует переходить к детальной инженерной проработке проекта с уточнением необходимых экономических показателей на основе денежного потока.

Таким образом, последовательно прослежена эффективность нового строительства для переработки хвостов обогащения и некондиционных руд; создание производства по переработке полезных пород. Экспрессно выполненная экономическая оценка объектов недропользования позволяет оценить их рыночную эффективность.

Реализуемость отработки техногенных образований: i-норма дисконта, %; r_m – граница безубыточности; r_i – показатель окупаемости инвестиций соответственно: $r^1_{хв}$, $r^2_{хв}$ – переработка хвостов обогащения по вариантам, $r_п$ – переработки полезных пустых пород; P_s – вероятность заданной доходности отработки

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Каплунов Д.Р., Юков В.А.* О классификации техногенных образований пустых пород и некондиционных руд при подземной разработке месторождений полезных ископаемых. Маркшейдерский вестник, 2008, №1, с. 21-24.

2. *Каплунов Д.Р., Юков В.А.* К оценке эффективности освоения техногенных образований. Маркшейдерский вестник, 2008, №5, с. 8-11.

3. *Collins J.L.* A new tool in financial decision-making under uncertainly. CIM Bulletin, 1993, March, p.109-115.

4. *Юков В.А.* Предварительная оценка вариантов комбинированной разработки месторождения. Маркшейдерский вестник, 2005, №3, с. 65-68. ГИАБ

Коротко об авторах

Каплунов Д.Р. – чл.-корр. РАН,
Юков В.А. – ст. научный сотрудник, кандидат технических наук, зав. отделом,
ИПКОН РАН.

РУКОПИСИ, *ДЕПОНИРОВАННЫЕ В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ МОСКОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА*

Мельков Д.А., Заалишвили Моделирование параметров управления массивом при подземной разработке месторождений (659/11-08 — 12.09.08) 8 с.