

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА  
ГОРНОРУДНЫХ ПРОЕКТОВ

Вводный курс

*В. Агаши*

Курс I.  
ОСНОВНЫЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ И  
ФИНАНСОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

КУРС II  
ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПРОЕКТА И ОЦЕНКА  
СТЕПЕНИ РИСКА

Дж. Х. ХИЛЛ  
Геолог-консультант

*С. Хилл*

Курс подготовлен при финансовой поддержке  
Правительства Австралии

Лондон, 1993



AMBASSADOR

AUSTRALIAN EMBASSY  
MOSCOW

29 апреля 1994

Правительство Австралии проводит программу поддержки менеджмента /Австралийская Программа Обучения для Евразии/, которая имеет цель облегчить сотрудничество Австралии с Россией и с Содружеством Независимых Государств бывшего Советского Союза в области стратегических шагов к более рыночной экономике.

Мне было приятно узнать, что в рамках Программы АПТИ Австралия сумела направить Г-на Джона Хилл, Члена Эскью Майнинг Консалтентс в Мельбурне, для проведения этого крайне важного курса финансовой оценки минеральных ископаемых, анализа риска и налогообложения в горном деле.

Австралия и Россия богаты минералами, у них есть таким образом общий интерес в их разработке. Перспективы сотрудничества между нашими странами в этой области огромны, и я думаю, этот курс явился важным шагом для развития этого сотрудничества.

Я знаю, Джон безмерно признателен за помощь Геологического Факультета МГУ, Московского Горного Университета и Центрального Исследовательского Института Неблагородных и Драгоценных Металлов, я хотел бы от себя также особо поблагодарить эти учреждения за их большой вклад в успех этого курса.

/Каван Хоуг/

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Сборник представляет собой перевод текста лекций по геологоэкономической оценке горнорудных проектов, прочитанных Дж.Хиллом, геологом-консультантом, (Австралия), в Московской Государственной Университете, Центральном научно-исследовательском геологоразведочном институте цветных и благородных металлов (ЦНИГРИ) и Московском Горном Институте.

Поскольку перевод с английского языка осуществлялся в разных организациях, не исключена вероятность неоднозначного перевода отдельных терминов. Поэтому составители сочли целесообразным унифицировать ряд терминов и привести в конце сборника перечень основных понятий и определений. При составлении перечня использовались материалы отечественных (Гатов Т.А., Сушон А.Р., Шмелева В.П.) и зарубежных (J.Hill, J.Smith) публикаций, а также словари: Англо-русский экономический словарь (1979), Dictionary of Finance and Investment Terms (1991) и другие.

Ваши замечания и предложения, а также заказы на приобретение сборника просим направлять по адресу:

113545 Москва  
Варшавское ш., 129 Б  
ЦНИГРИ (группа зарубежных связей)  
Тел: 315-27-01  
315-43-47  
Факс: 315-27-01

От составителей  
(ЦНИГРИ)

## Курс I. ОСНОВНЫЕ ФИНАНСОВЫЕ И ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

### Содержание:

Предварительная оценка месторождения геологами-разведчиками.....	1
Единицы измерения (переход из одной системы в другую).....	1
Подсчет запасов на основе геологических разрезов.....	8
Подсчет запасов, основанный на картах поверхности.....	9
Расчеты с условным металлом.....	13
Регрессионный анализ.....	14
Использование разведочных данных для оценки месторождения.....	16
Разубоживание, степень извлечения руды.....	16
Коэффициент извлечения массы и коэффициент обогащения.....	17
Чистая прибыль металлургического предприятия.....	18 ✓
Срок отработки месторождения.....	22 ✓
Формула оптимальной продолжительности работы рудника.....	23
Капиталовложения и производственные расходы.....	24 ✓
Капитальные затраты.....	26 ✓
Производственные расходы.....	26
а) при подземном способе отработки.....	29
б) при открытом способе отработки.....	31 ✓
Затраты на переработку руды.....	33
Стоимость транспортировки.....	34
Финансово-экономические расчеты.....	34
а) коэффициент дисконтирования.....	36
б) коэффициент ежегодной ренты.....	37
в) чистая современная стоимость (NPV).....	38
г) внутренняя норма прибыли (IRR).....	40
Налогообложение.....	49
Финансовый анализ горнорудного проекта.....	50 ✓
Реконструкция золоторудного объекта.....	54
Пример финансово-экономической оценки месторождений.....	57
а) подземная разработка месторождения золота.....	57
б) открытая разработка месторождения золота.....	62 ✓
Предварительная технико-экономическая оценка месторождения.....	67

## Курс 2. ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПРОЕКТА И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА

### Содержание:

Сравнение месторождений - относительная жизнеспособность.....	
Сравнение содержаний металла.....	
Граница жизнеспособности.....	
Диаграммы "содержание-производительность" - экономические показатели.....	
Расчеты безубыточности эксплуатации месторождений.....	
Одноэлементные месторождения.....	
Многоэлементные месторождения.....	
Оценка горнорудных проектов.....	
Анализ дисконтированного денежного потока (DCF).....	
Стоимость возможного проекта.....	
Ставка дисконтирования.....	
Оценка стоимости приобретения объекта.....	
Неопределенность капиталовложений - анализ степени риска.....	
Анализ риска по 3-м вариантам.....	
Анализ чувствительности.....	
Анализ риска - курсы валют.....	
Анализ риска - спрос и потребление металла.....	
Анализ риска - цены на металл.....	
Налогообложение в горнорудной промышленности.....	
Налоговые системы.....	
Скидки на амортизацию и истощение недр.....	
Допустимые затраты для уменьшения налога на прибыль предприятия.....	
Налогообложение в период возврата капиталовложений.....	
Финансовый анализ с учетом и без учета инфляции.....	
Примеры организации горнорудных проектов.....	
Участие в проектах.....	
Уменьшение доли участия.....	
Рекомендации по иностранному участию.....	
Финансирование горнорудных проектов.....	
Методы финансирования.....	
Приложение 1: Факторы риска в горнорудных проектах.....	
Приложение 2: Финансово-экономические данные по проекту.....	
Основные понятия и определения (рус., англ.).....	
Библиография.....	

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ГЕОЛОГАМИ-РАЗВЕДЧИКАМИ

Настоящий курс лекций предназначен для геологов, которым приходится заниматься оценкой месторождений на ранних стадиях их освоения. Для того, чтобы правильно оценить данные бурения, документации горных выработок и результаты деятельности добывающего предприятия, необходимо уметь обрабатывать данные и анализировать результаты. На более поздней стадии в решении задачи по оценке месторождения должны принимать участие геологи-разведчики, горные инженеры, технологи и экономисты. Сведения, изложенные в настоящем курсе, являются основой, на которой базируются более точные методы оценки рудных объектов.

Свою задачу автор видит в том, чтобы дать слушателям необходимый объем знаний, позволяющий перейти от исходных геологических данных - тоннажа и содержания полезных компонентов - к экономическим показателям, указывающим, может ли проявление рудной минерализации или мелкое месторождение рассматриваться как потенциально важный (промышленный) рудный объект.

Роль геолога на ранних стадиях оценки месторождения исключительно велика, т.к. именно от него зависит качество исходных данных, т.е. правильное определение морфологии рудного тела, запасов, содержания и перспектив месторождения.

В данном курсе будут рассмотрены некоторые важнейшие показатели (Рис.1), необходимые для оценки рудной минерализации как промышленного месторождения, либо непромышленного рудопоявления.

Ниже приводятся правила перехода от одной системы единиц измерения к другим и по существу перечисляются важнейшие экономические показатели, необходимые для оценки месторождений.

### ПЕРЕХОД ОТ ОДНОЙ СИСТЕМЫ ЕДИНИЦ К ДРУГИМ

Правила перехода от одной системы единиц измерения к другим приобретают важную роль, когда приходится оценивать месторождения в других странах. В данном разделе мы будем иметь дело с единицами измерения, используемыми в горнодобывающей промышленности.

Соотношения между единицами длины, площади, объема и т.д. легко найти в соответствующих справочниках, и мы будем обращаться к ним только для того, чтобы пояснить соотношения между специфическими единицами измерения.

#### Десятичные дроби:

- европейские компании	2,361 (запятая)
- англо-американские компании	2.361 (десятичная точка)

#### Миллиарды:

- Германия и Англия	$10^{12}$
- США, Канада, Франция	$10^9$
- геохимические карты	$10^9$

#### Единицы массы (иногда неправильно называемой весом):

##### Тонна

(а) метрическая тонна (т)	1 тонна = 1000 кг
(б) короткая тонна	1 к-т. = 907,18 кг = 2000 фунтов
(в) длинная тонна	1 д-т. = 1016,05 кг = 2240 фунтов

Учет единиц измерения массы необходим при оценке объекта.

##### Фунт

1 фунт = 0,4536 кг

Эта единица измерения важна, поскольку в Северной Америке принято указывать стоимость фунта того или иного металла.

Цены на металлы, выраженные в долларах за фунт, часто переводят в доллары за 10 кг (т.е. в цену 1 % металла в тонне руды).

$$\text{Кэффициент перевода составляет : } \frac{10}{4536} = 22,046$$

### Унция

"Обычная" унция составляет 1/16 фунта, т.е. 1 унция = 28,35 г, например, при оценке аллювиальных (россыпных) месторождений олова.

"Тройская" унция равна 31,103 г и используется при оценке месторождений благородных металлов.

### Единицы измерения массы благородных металлов (тройские унции)

1 тройская унция	= 31,103 грамм
1 тройская унция	= 20 пеннивейт
1 пеннивейт	= 1,555 грамм
1 пеннивейт	= 24 грана
1 гран	= 0,0648 грамм

Для характеристики чистоты золота используется термин "карат":  
24 карата = 100% золота или чистота (пробности) 1000.

### Единицы измерения при характеристике концентратов

При оценке месторождений используется термин "единица". Одна единица (1 ед.) всегда равна 1% от массы металла, содержащегося в концентрате.

В настоящее время чаще всего указывается цена 1 метрической тонны концентрата, и в этом случае 1 ед. = 10 кг.

Но используются и единицы длинной тонны 1 ед. = 22,4 фунта = 10,16 кг, а изредка и единицы короткой тонны 1 ед. = 20 фунтов = 9,07 кг.

Единица метрической тонны обозначается ед. метр. т.

### Специальные единицы измерения массы:

- карат (для драгоценных камней)	1 карат = 0,2 грамм
- бутль (торговая единица для ртути)	1 бутль = 34,473 кг
- единицей измерения при указании цен на малайское олово является "пикуль"	1 пикуль = 60,48 кг

### Чистота металлов:

Обычно указывается число девяток в цифре, означающей содержание металла. Например:

99,95% (три девятки)	= 3	
99,99 x %	= 4	(x обозначает любую цифру от 0 до 8)

### Перевод единиц плотности

(а) Объемный вес (масса) и тоннаж.

В метрической системе для получения тоннажа необходимо умножить объем на объемный вес (массу). В имперской системе используется коэффициент тоннажа, т.е. количество кубических футов руды в одной короткой или длинной тонне.

(б) Плотность сухого вещества и плотность увлажненного вещества

При характеристике обычной консолидированной монолитной породы влажность игнорируется.

При характеристике руды с высокой пористостью и влажностью следует учитывать содержание влаги.

Данные опробования всегда приводятся в расчете на сухую руду.

Пример расчета плотности к проекту переработки хвостов.

Дано: объемный вес во влажном состоянии (in situ) 1,8 г/см<sup>3</sup>, (т/м<sup>3</sup>)  
содержание влаги 25%

Расчет объемного веса сухого материала:

- принимаем объем вещества равным 1 куб.м
  - масса вещества составит 1800 кг
  - при объемном весе 1,8 г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>) масса влаги (25%) составит 450 кг
  - масса сухого вещества рассчитывается как 1800 - 450 = 1350 кг.
- Тогда объемный вес сухого вещества равен 1,35 г/см<sup>3</sup> (т/м<sup>3</sup>)

Общая формула выглядит следующим образом:

\* (масса увлажненного вещества) - (масса увлажненного вещества) x  
x (содержание воды) = (масса сухого вещества);

\* (объемный вес сухого вещества) = (объемный вес увлажненного  
вещества);

$$\frac{100 - \text{содержание влаги}}{100} = 1,8 \times \frac{100 - 25}{100} = 1,35$$

#### Содержание металлов

Содержания драгоценных металлов почти всегда указываются в граммах на метрическую тонну.

Исключение составляют данные, приводимые в старой литературе. Для их перевода используются следующие соотношения:

$$1 \text{ унция/к.т} = 31,103 \text{ г} / 0,907 \text{ т} = 34,29 \text{ г/т}$$

$$1 \text{ унция/д.т} = 31,103 \text{ г} / 1,016 \text{ т} = 30,61 \text{ г/т}$$

$$\begin{aligned} \text{В метрической системе } 1 \text{ тонна} &= 10^6 \text{ г} \\ 1 \text{ млн} &= 1 \text{ г/т} \end{aligned}$$

Для россыпных месторождений указывается вес драгоценного металла в единице объема песков, т.е. единицами измерения будут унция/куб.ярд или г/м<sup>3</sup>. Коэффициент перехода от г/куб.ярд к г/м<sup>3</sup> рассчитывается, как 1 г/куб.ярд = 1 / (0,9144)<sup>3</sup> = 1/0,7646 = 1,31 г/м<sup>3</sup>.

#### Величина накопления / коэффициент интенсивности

При подсчете запасов используется величина, получившая название "величина накопления" или GT-коэффициент (Примечание: в советской литературе распространен термин "метропроцент"). Она получается умножением мощности на содержание 1% x фут = 0,348 % x M.

В золотопромышленной индустрии ЮАР главной единицей для оценки величины накопления является дюйм-пеннивейт.

$$1 \text{ дюйм} \times \text{пеннивейт} = 2,54 \text{ см} \times 1,55 \text{ г} = 3,95 \text{ г.см}$$



Единицы измерения цен на металлы

В международной практике используются следующие единицы измерения цен на металлы:

- цены в США приводятся в долларах США за 1 фунт (долл США/фунт)
- цены на Лондонской бирже металлов приводятся в английских фунтах за 1 метрическую тонну.

Пример расчета:

Цена меди составляет 72 цента США/фунт  
Необходимо перевести эту цену в английские фунты за 1 т или в рубли за 1 т

Курсы валют: 1 долл. = 0,6 англ. фунта  
1 долл. = 800 рублей  
1 к.т = 907,185 кг

В США используются короткие тонны 1 к.т = 907,185 кг  
1 к.т = 2000 фунтов  
72 цента/фунт = 0,72 x 2000 = 1440 долл/к.т

Стоимость меди рассчитывается как 1440/907,185 долл/кг или после перехода к метрическим тоннам:

$$\frac{1440 \cdot 907}{907,185} \times 1000 = 1587 \text{ долл/т}$$

Таким образом, цена 1 т меди равна:  
1587 долл/т x 0,6 = 952 английских фунта/т или  
1587 долл/т x 800 = 1,269 млн.руб/т (при курсе 1 долл = 800)

Пересчеты содержаний химических соединений

При указании цен на металлы обычно подразумеваются сами элементарные металлы, например, Cu, Pb, Zn.

В других случаях приводятся цены за единицу массы соединений металлов (сульфидов или оксидов), например, MoS<sub>2</sub>, Sb<sub>2</sub>S<sub>3</sub>, WO<sub>3</sub>.

Пример перевода содержаний MoS<sub>2</sub> в содержания Mo (%):

атомный вес Mo 95,95  
атомный вес S 32,06 x 2 = 64,12

Доля Mo в составе MoS<sub>2</sub> - 160,07

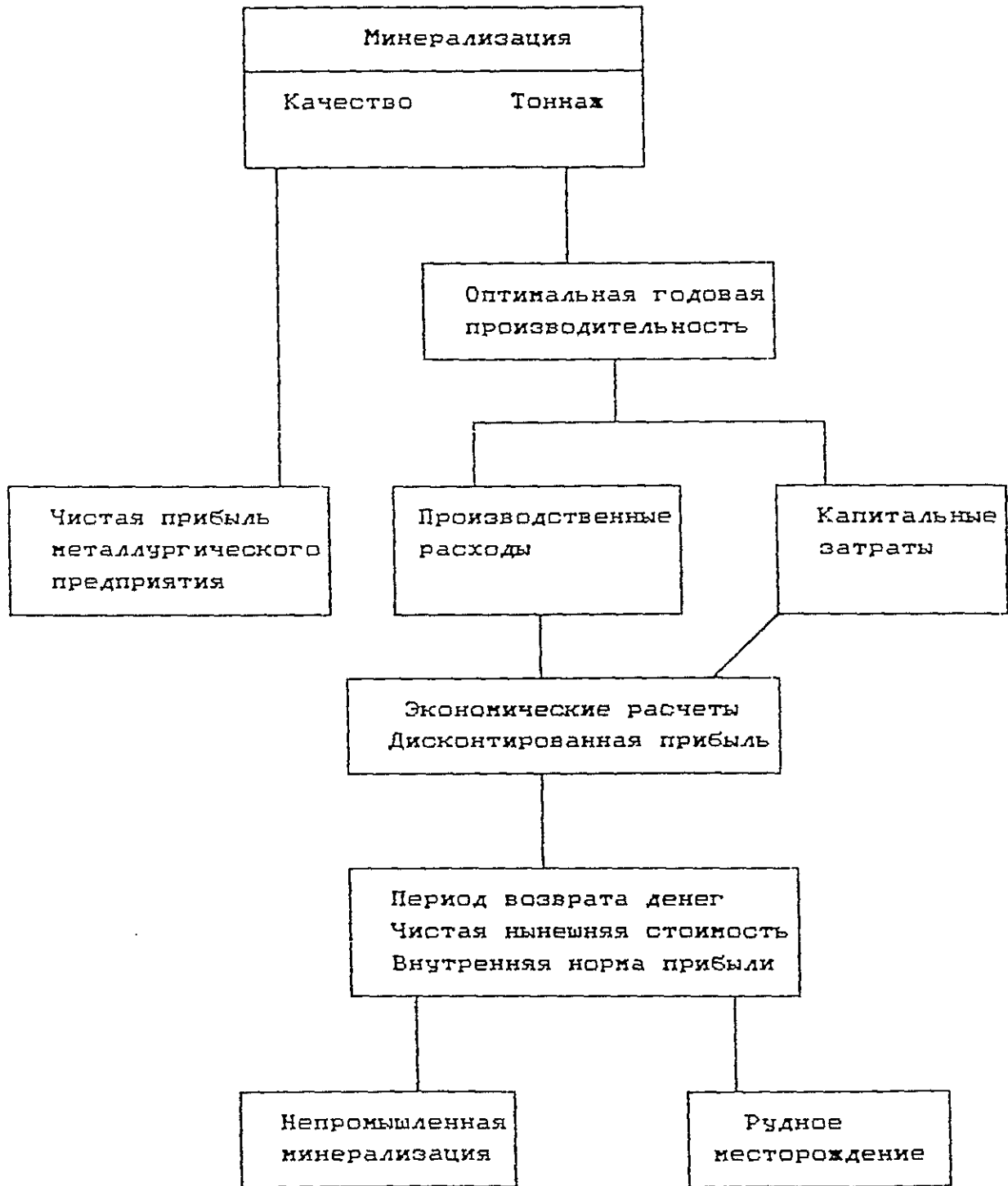
$$95,95 / 160,07 = 0,60$$

Коэффициент перевода содержания MoS<sub>2</sub> в содержания Mo равен

$$1 / 0,60 = 1,67$$

$$\therefore Mo \times 1,67 = MoS_2 \%$$

Рис. 1 Стадии экономической оценки минерального месторождения  
(по Ф.У.Уэлмеру)



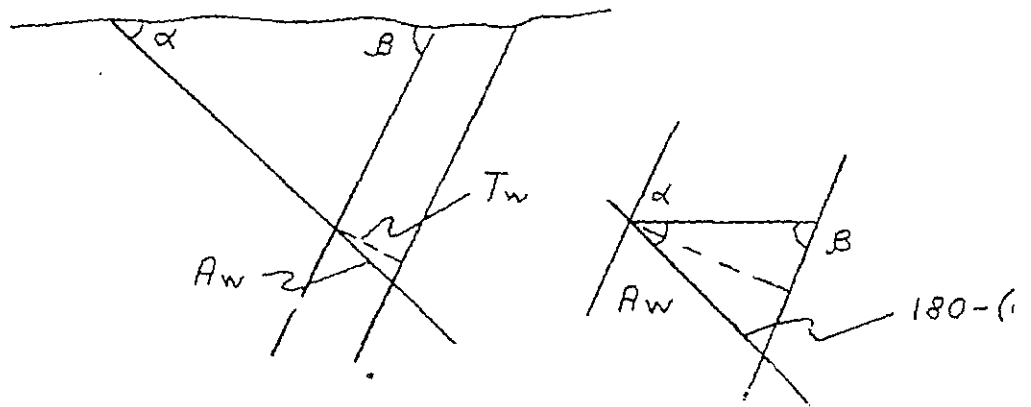
МИНЕРАЛИЗАЦИЯ - СОДЕРЖАНИЯ И ТОННАЖ

Объем и тоннаж; определение массы и содержаний  
Рудное месторождение - объем и тоннаж

Определение истинной мощности

Случай, когда буровые скважины перебуривают рудное тело перпендикулярно его простиранию и падению, очень редки. Поэтому по <sup>перпендикулярно</sup> <sub>скважине</sub> <sup>С:</sup> определяется только кажущаяся мощность, от которой нужно <sup>перпендикулярно</sup> <sub>перенести</sub> истинной мощности.

Рис. 2. Бурение перпендикулярно простиранию



$TW = Aw \times \sin(\alpha + \beta)$

$Aw$  = длина скважинного пересечения, или кажущаяся мощность  
Бурение под углом к простиранию

Бурение под углом к простиранию производится из подземных выработок или в условиях сложного рельефа.

В расчетах используются следующие величины:

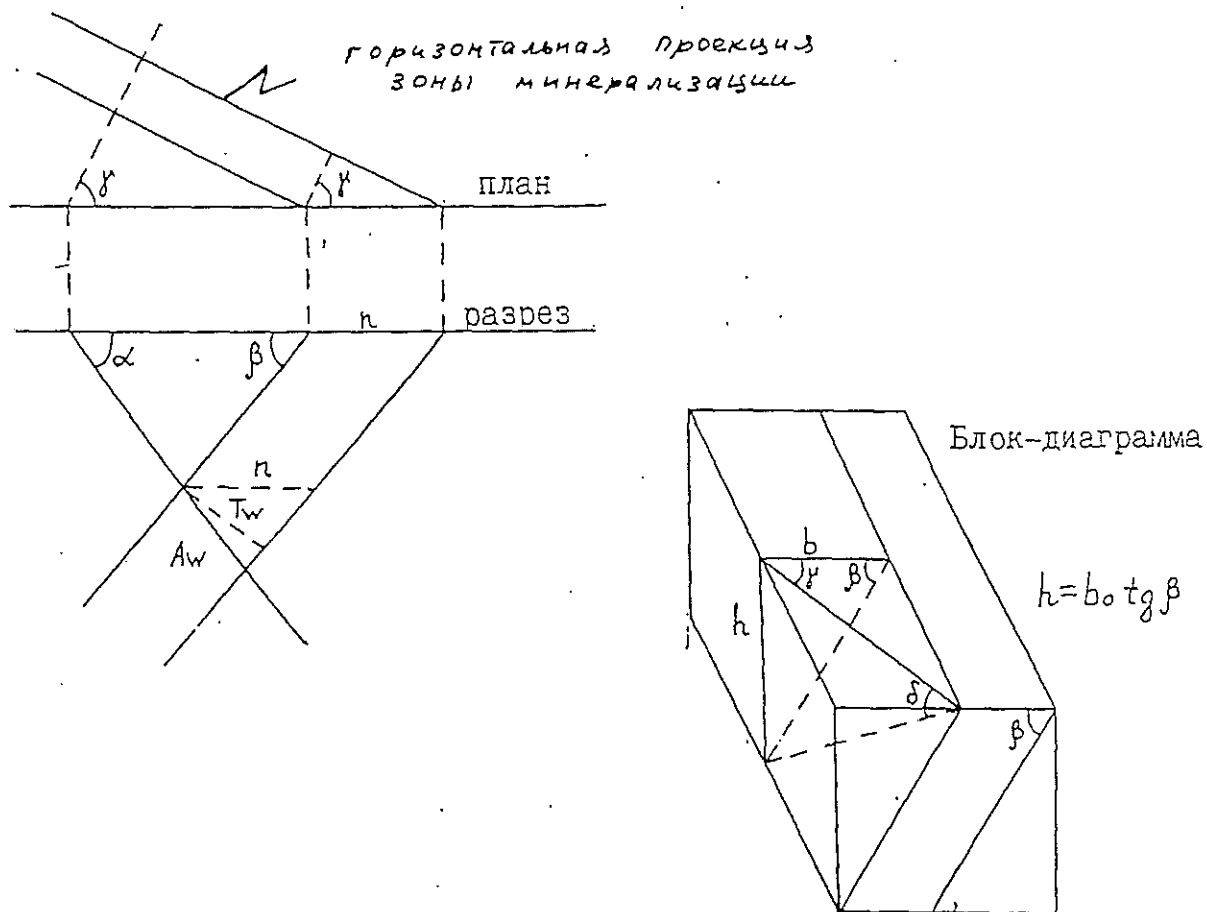
- $\alpha$  - угол наклона буровой скважины
- $\beta$  - угол падения минерализованной зоны
- $\gamma$  - угол между горизонтальной проекцией буровой скважины и направлением падения минерализованной зоны
- $\delta$  - кажущийся угол падения рудного тела вдоль направления бурения

$Aw$  - измеряемая по скважине длина пересечения минерализованной зоны, т.е. кажущаяся мощность.  
- коэффициент уменьшения мощности

Из приведенной ниже таблицы видно, какие величины  $Rm$  в диапазоне углов наклона скважин  $30^\circ - 45^\circ - 60^\circ - 75^\circ$

$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$Rm$
30	60	20	0,96
45	60	20	0,93
60	60	20	0,84
75	60	20	0,70

Рис.3  
Бурение под углом к простиранию



- $\alpha$  - угол наклона скважины
- $\beta$  - угол падения рудной зоны
- $\delta$  - угол между проекцией скважины на горизонтальную плоскость и направлением падения
- $A_w$  - кажущаяся мощность (измеренная)
- $\delta$  - кажущийся угол падения

Расчет:

(а) выразим кажущийся угол падения  $\delta$  через истинный угол падения минерализованной зоны  $\beta$  и угол  $\gamma$ , используя глубину "h":

$$\operatorname{tg} \delta = \cos \gamma \times \operatorname{tg} \beta$$

(б) рассчитаем истинную мощность  $T_w$ :

$$T_w = A_w \frac{\sin (\alpha + \delta)}{\cos \delta} \cos \beta \quad \text{или}$$

$$T_w = A_w \times R_m$$

где  $R_m$  - коэффициент уменьшения мощности.

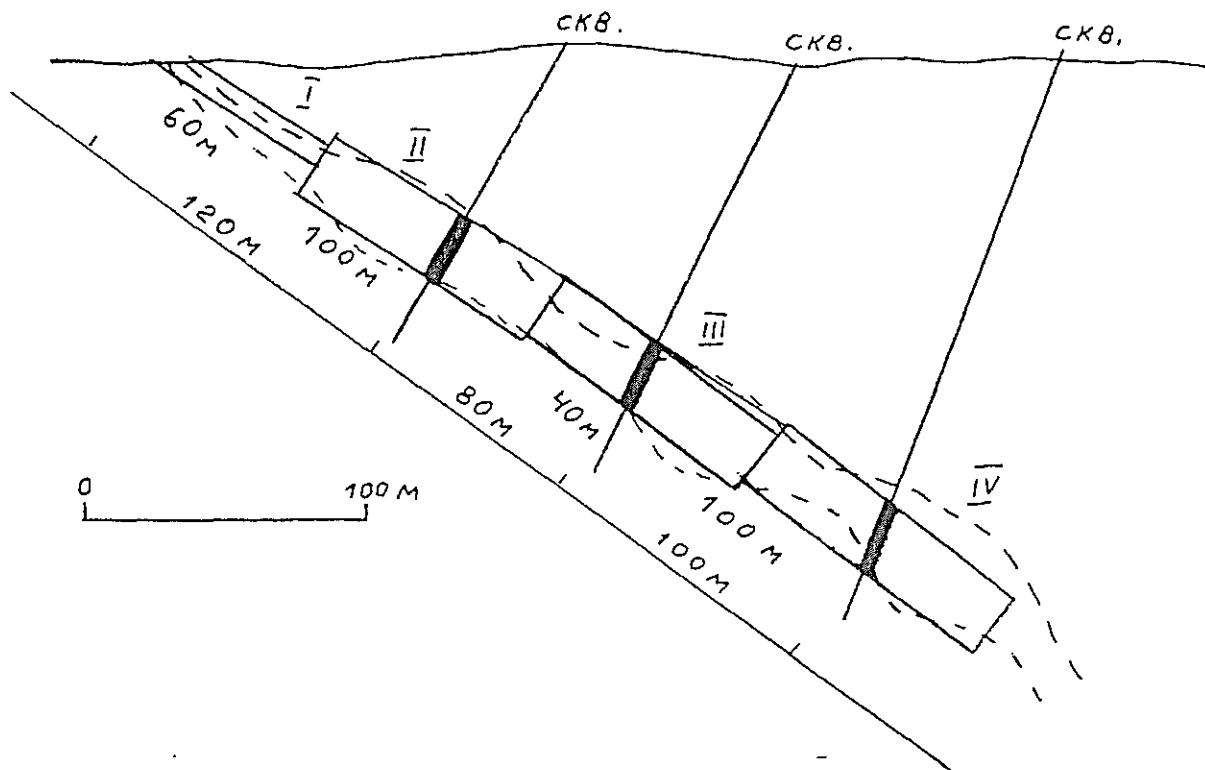
$$R_m = \frac{\sin (\alpha + \delta)}{\cos \delta} \cos \beta$$

Приведенные ниже 4 диаграммы (рис. 4-7) по Уэлмеру позволяют графически определить коэффициент уменьшения мощности при бурении скважин с любыми углами к направлению простирания и падения. Таким образом, коэффициент уменьшения мощности  $R_m$  является функцией следующих величин

- угла наклона буровой скважины
- угла падения минерализованной зоны
- угла между горизонтальной проекцией скважины и направлением падения рудной зоны.

### ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРЕЗОВ

При систематическом разбуривании месторождения по линиям профилей величину запасов можно получить по данным разрезов. По условию, каждому из разрезов приписывается определенная область влияния, равная половине расстояния до каждого из соседних профилей. Необходимое сгущение сети скважин диктуется ошибками, которые появляются, когда определенная мощность приписывается блокам, выделяемым вдоль линий разрезов.



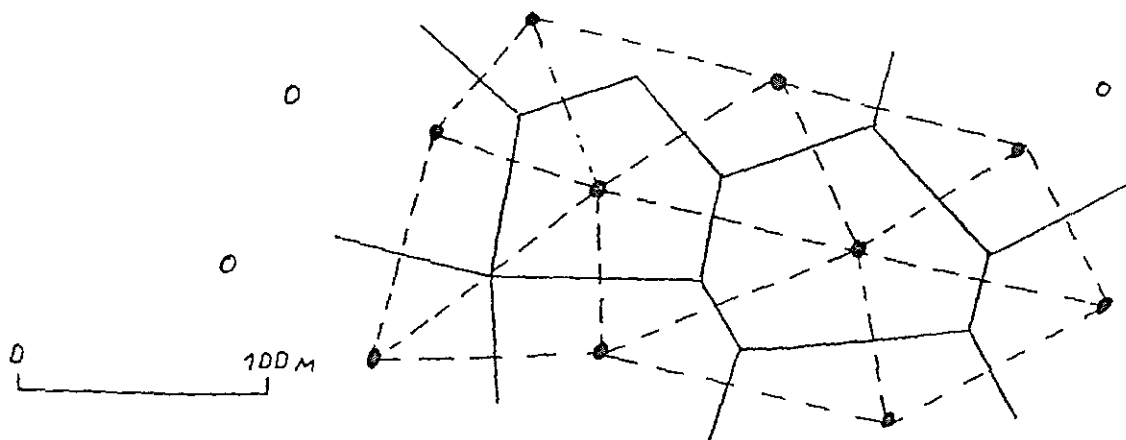
Истинная мощность	Блок	Длина (м)	Площадь подсчетных блоков (м <sup>2</sup> ) в плоскости разреза (профиля)
Обнажения 10 м	I	60	10 x 60 = 600
ДН 24 30 м	II	100	30 x 100 = 3000
ДН 25 20 м	III	90	20 x 90 = 1800
ДН 26 35 м	IV	100	35 x 100 = 3500
			5930

Если следующие линии скважин располагаются от этого профиля в 50 м с каждой стороны, то полоса, на которую распространяется влияние этого разреза, будет иметь ширину 25 + 25 = 50 м. Если имеется кварц-золото-сульфидное месторождение с объемным весом руд 2,8 г/см<sup>3</sup>, то запасы в районе этого профиля рассчитываются следующим образом:

$$T = (25+25) \times 2,8 \times 5930 = 0,830 \text{ млн.т}$$

#### ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ, ОСНОВАННЫЙ НА КАРТАХ ПОВЕРХНОСТИ

В случаях, когда бурение выполняется по неправильной сети, описанный выше способ подсчета запасов может дать ошибочный результат. В таких случаях для целей подсчета запасов используются карты (в случае наклонных пластообразных залежей) или палимпастические карты (для месторождений, смятых в складки). В этом варианте рассчитывается площадь поверхности блоков, которая затем умножается на мощность и объемный вес. Блоки имеют полигональные в плане очертания, которые задаются расположением скважин <Примечание: В советской геологической литературе - это метод "ближайшего района" или метод Болдырева.>



#### Определение среднего взвешенного и содержаний

При определении качества сырья, т.е. содержаний компонентов, используются только расчеты с объемами интервалов опробования или блоков подсчета запасов. Для определения содержаний на месторождениях или в блоках применяются геостатистические методы.

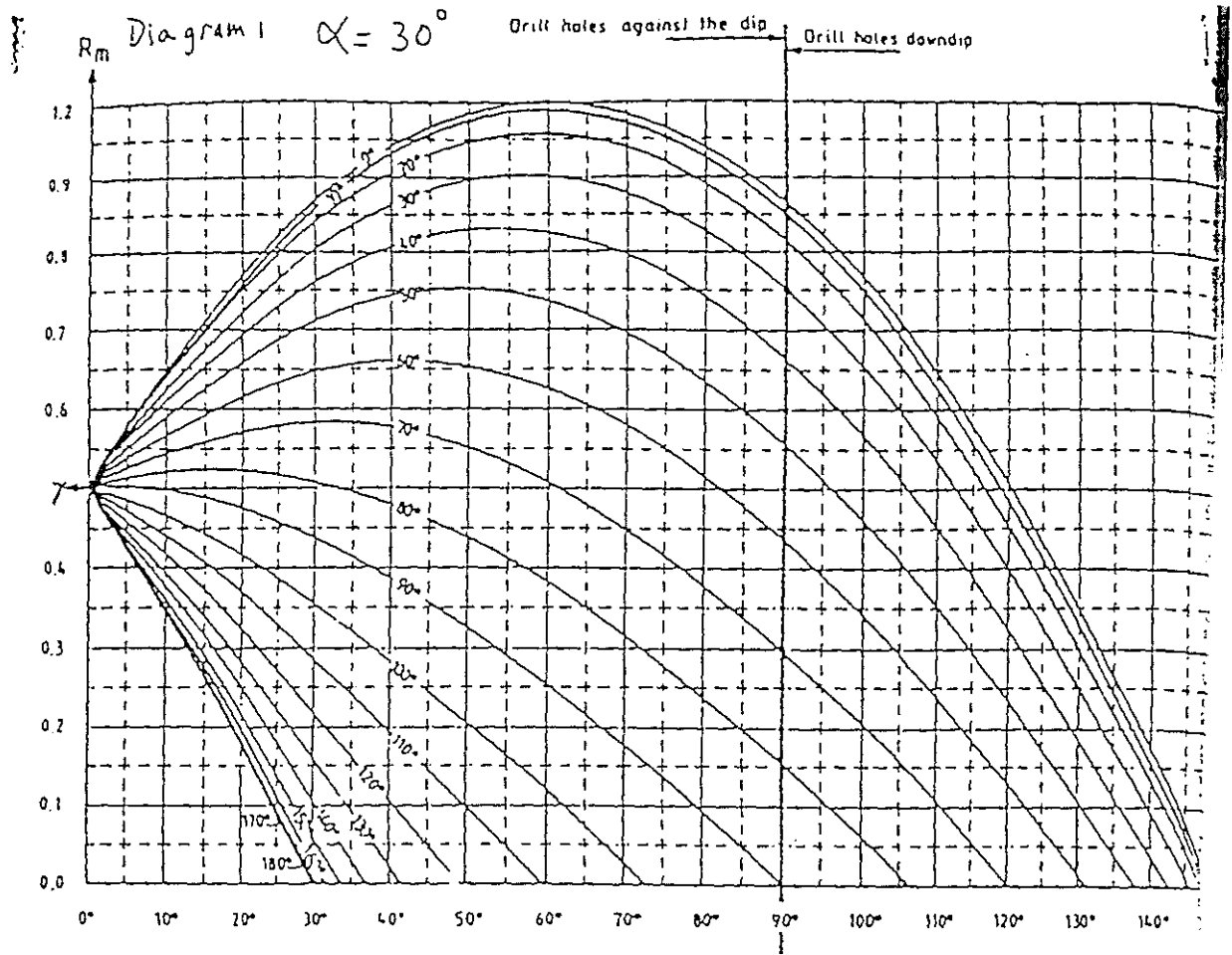


Diagram 2.  $\alpha = 45^\circ$

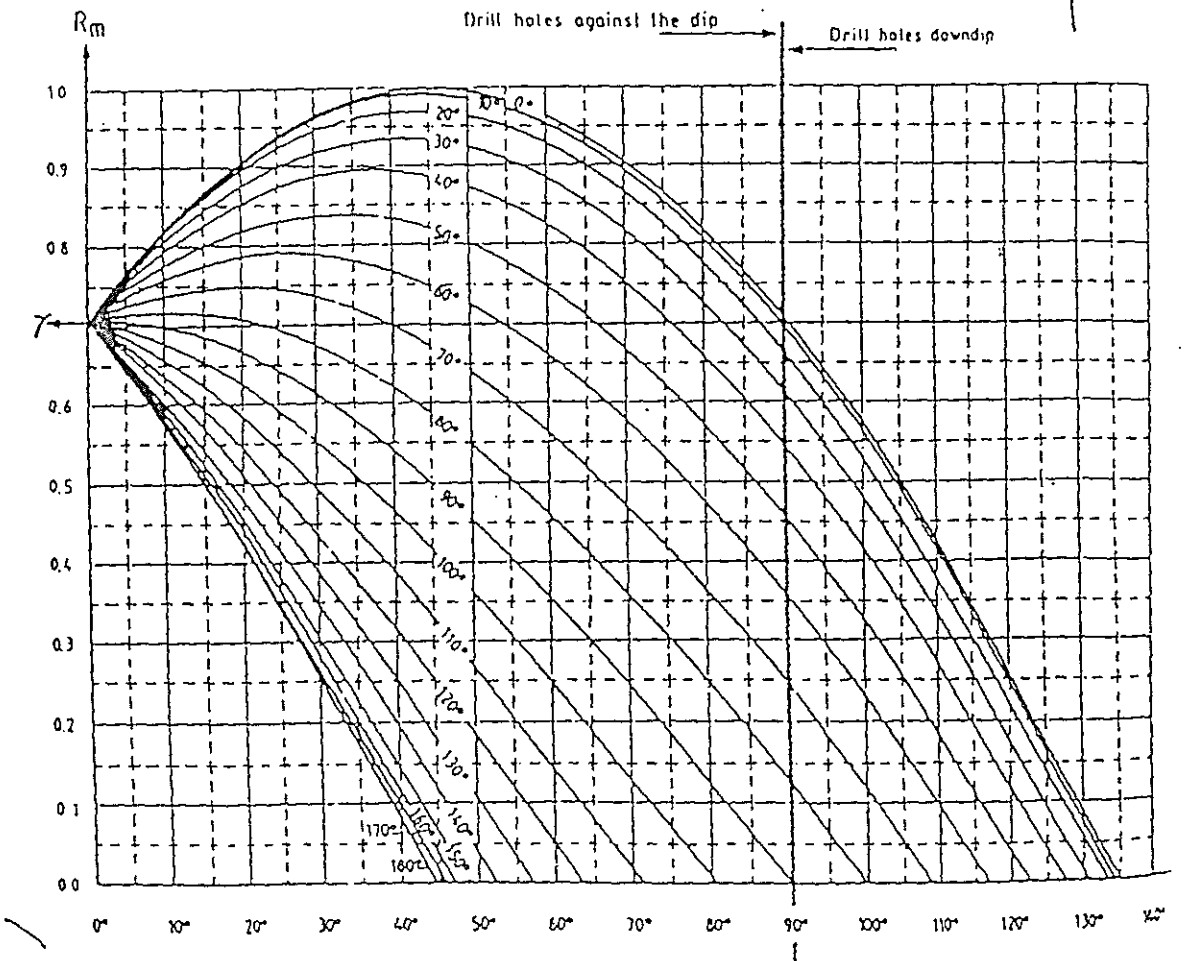


Diagram 3.  $\alpha = 60^\circ$

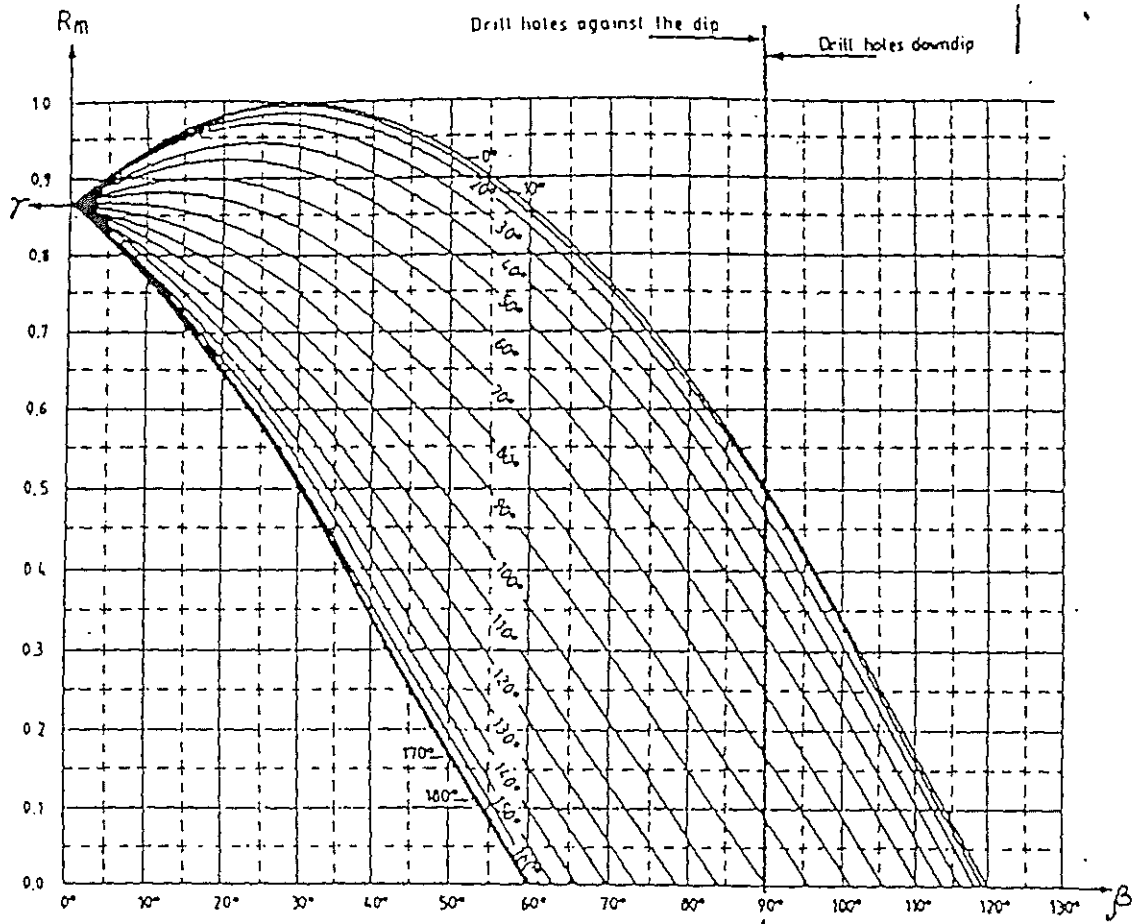
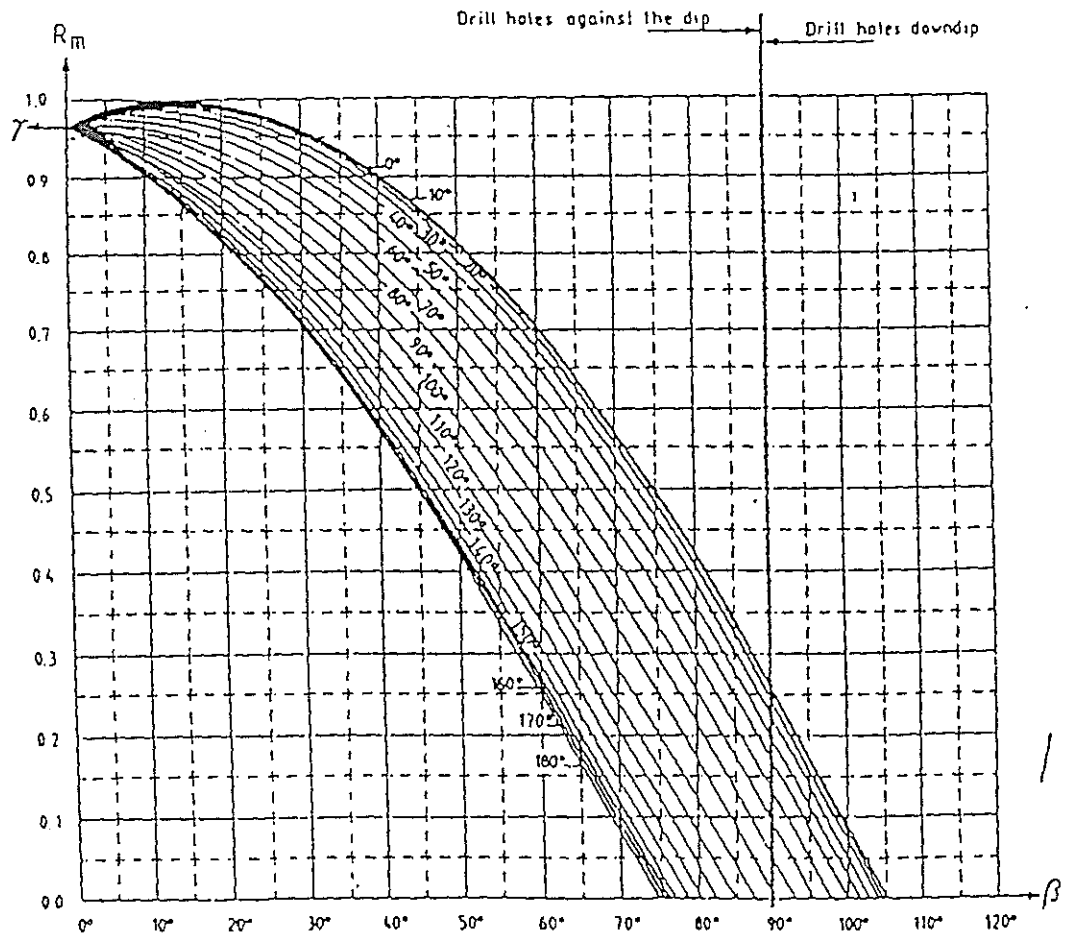


Diagram 4.  $\alpha = 75^\circ$





ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

Геологам часто приходится использовать расчет среднего взвешенного для определения средних содержаний по скважине по данным опробования различных интервалов или для получения среднего содержания в пределах блока.

При этом важное значение имеет правильный выбор факторов такого взвешивания. На большинстве месторождений необходимо учитывать различие в объемном весе в разных пересечениях.

Пример расчета: В пределах однородной зоны окварцевания и золото-рудной минерализации объемный вес пород весьма выдержан.

Данные бурения следующие:

Интервал (l, м)	Содержание Au (г/т) $C_{Au}$	$l \times C_{Au}$	
1,5	3,4	5,10	
1,0	5,8	5,80	
0,8	7,0	5,60	
0,7	4,2	2,94	
$\Sigma 4,0$	4,86	$\Sigma 19,44$	$\frac{\Sigma l C_{Au}}{\Sigma l} = \frac{19,44}{4,00} = 4,86$

Таким образом, в пределах 4-метрового интервала среднее содержание золота равно 4,86 г/т при условии постоянства плотности руды вдоль всего интервала.

Пример расчета: Предположим теперь, что в том же самом пересечении скважиной вскрывается кварцевая жила (интервалы 1,5 и 0,7 м), содержащая магнетит (интервал 1,0 м) и флюорит (интервал 0,8 м). В этом случае следует учитывать и различия в объемном весе.

Интервал l (м)	Содержание $C_{Au}$ (г/т)	Плотность $\rho$ (г/см <sup>3</sup> )	$l \times C_{Au} \times \rho$	$l \times \rho$
1,5	3,4	2,6	13,26	3,90
1,0	5,8	(2,0) 5,2	(11,60) 30,16	(1,5) 5,20
0,8	7,0	3,2	17,92	2,56
0,7	4,2	2,6	7,64	1,82
4,0			(50,42) 68,98	(9,78) 13,48

Среднее содержание равно  $68,98 / 13,48 = 5,12$  г/т. Таким образом, в 4-метровом интервале содержание Au равно 5,12 г/т. По сравнению с первым примером, где объемный вес не учитывался, разница составила 5,1%.

Если опробование производилось по зоне окисления, где магнетит замещен лимонитом, тогда среднее содержание равно

$$50,42 / 9,78 = 5,16 \text{ г/т}$$

Подсчет запасов тел сплошных руд

Пример расчета для богатой антимонитовой жилы

- минимальная эксплуатационная мощность для крутопадающей жилы - 1 м
- жила содержит прожилки антимонита мощностью 1 см
- Рассчитываем процентное содержание сурьмы в антимонитовом прожилке мощностью 1 см
- объемный вес антимонита - 4,5 г/см<sup>3</sup>
- объемный вес вмещающих пород - 2,6 г/см<sup>3</sup> (кварц)
- антимонит содержит 71,7% Sb (принимаем для упрощения 70%)

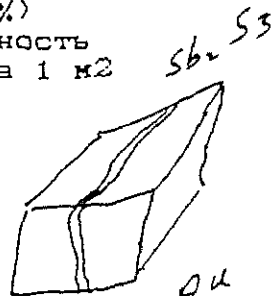
Если эксплуатационная мощность рудного тела - 1 м, а мощность антимонитового прожилка - 1 см, то тоннаж вмещающих пород на 1 м<sup>2</sup> рассчитывается как 0,99 м x 1 м<sup>2</sup> x 2,6 т/м<sup>3</sup> = 2,574 т.

Для антимонитовой жилы соответствующая величина равна 0,01 м x 1 м<sup>2</sup> x 4,5 т/м<sup>3</sup> = 0,01 м<sup>3</sup> x 4500 кг/м<sup>3</sup> = 45 кг

Суммарный тоннаж: 2,574 + 0,045 = 2,619 т

Коэффициент перевода: 0,7 x 45 кг = 31,5 кг сурьмы

Содержание сурьмы: 31,5 / 2619 = 1,2%



Пример расчета для прожилка золота мощностью 1 мм.

Эксплуатационная мощность рудного тела для крутопадающей жилы - 1 м

Жила содержит прожилки золота мощностью 1 мм

Рассчитываем содержание металла на 1 т породы

Объемный вес золота - 19,3 г/см<sup>3</sup>.

Пробность золота - 900 (т.е. 90%)

Вес вмещающей кварцевой породы равен

$$0,999 \text{ м} \times 1 \text{ м}^2 \times 2,6 \text{ т} / \text{м}^3 = 2597 \text{ кг}$$

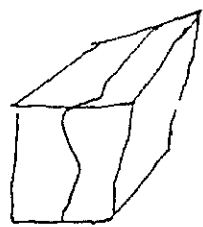
$$\text{Вес золота: } 0,001 \text{ м} \times 1 \text{ м}^2 \times 19,3 \text{ т} / \text{м}^3 = 19,3 \text{ кг}$$

Общий тоннаж руды : 2616 кг

$$\text{Коэффициент перевода Au: } 0,9 \times 19,3 = 17,37 \text{ кг Au}$$

$$\text{Одна тонна руды содержит } 17,37 / 2616 = 0,0066 \text{ кг} = 6,66 \text{ г/т}$$

Таким образом, содержание Au в руде составляет 6,66 г/т.



РАСЧЕТЫ С УСЛОВНЫМ МЕТАЛЛОМ

Если из руд месторождения извлекается несколько компонентов, то для определения бортового содержания, при котором будут покрыты все затраты на добычу, используется понятие условного металла. Все расчеты с условным металлом основываются на стоимости отдельных компонентов.

Пример расчета при оценке Cu - Mo месторождения порфирирового типа. Молибден переводится в условную медь. Рудник производит концентраты.

Цены на металл принимаются по состоянию на 28.04.93 <Здесь и далее подразумеваются доллары США и английские фунты.>

Cu - 0,90 долл./фунт; MoS - 2,20 долл./фунт.

Стоимость рафинированной меди - 0,90 долл./фунт

Затраты (рафинирование, плавление, транспортировка) - 0,30 долл./фунт

Чистая прибыль металлургического предприятия - 0,60 долл./фунт

Принимаем коэффициент извлечения 90% :

$$0,60 \times 0,9 = 0,54 \text{ долл./фунт}$$

Добывающее предприятие получает 0,54 долл за 1 фунт меди в концентрате.

Стоимость молибдена - 2,20 долл./фунт MoS<sub>2</sub> в концентрате.

Чистая прибыль металлургического предприятия - 2,20 долл./фунт

Принимаем коэффициент извлечения 80% :

$$2,20 \times 0,8 = 1,76 \text{ долл./фунт}$$

Коэффициент перевода Mo в условную медь:

$$Kv \ 1,76 / 0,54 = 3,26$$

Содержание условной меди (CuE) рассчитывается как  
 $CuE = \% Cu + 3,26 \% Mo$   
 или для рудного тела, содержащего 0,5% Cu и 0,04% Mo  
 $CuE = 0,5 + 3,26 \times 0,04 = 0,63 \% Cu$   
 (Напоминаем, что 1 короткая тонна = 2000 фунтам = 907,185 кг)  
 Стоимость руды:  
 $0,90 \text{ долл/фунт} = 1800 \text{ долл/т} = 100 \%$ .  
 Следовательно, при CuE = 0,63% стоимость руды равна  
 $0,63\% \times 1800 = 11,34 \text{ долл/т}$ .

Это должно соответствовать величине капитальных затрат и производственных расходов на производство 1 т руды без учета стоимости выплавки металла, очистки и транспортировки.

РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ

Регрессионный анализ - это статистический анализ, позволяющий оценить связь между различными компонентами руд. Корреляция между ними может быть положительной или отрицательной.



Уравнение регрессии имеет вид:  $y = ax + b$   
 Формулы регрессии:

$$a = \frac{\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}}{\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}}$$

$$b = \bar{y} - a\bar{x}$$

Рассчитывается коэффициент корреляции "r".

$$r^2 = \frac{[\sum x_i y_i - \frac{\sum x_i \sum y_i}{n}]^2}{[\sum x_i^2 - \frac{(\sum x_i)^2}{n}][\sum y_i^2 - \frac{(\sum y_i)^2}{n}]}$$

где  $\bar{x}$  и  $\bar{y}$  - арифметические средние.

Коэффициент корреляции "r" и есть мера степени связи между элементами.

- При  $r = 0$  - корреляция отсутствует
- $r = 1$  - корреляция очень высокая

$r^2$  - коэффициент определенности, позволяющий в процентах оценить распределение, которое показывает линия регрессии.

Пример регрессионного анализа.

В результате опробования колумбит-танталитовой (ниобий-тантал) россыпи получены следующие результаты.

Концентрат	Ta <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (x <sub>i</sub> ), %	Nb <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (y <sub>i</sub> ), %
C1	22	54
C2	47	33
C3	33	45
C4	43	38
C5	39	41

x <sub>i</sub>	x <sub>i</sub> <sup>2</sup>	y <sub>i</sub>	y <sub>i</sub> <sup>2</sup>	x <sub>i</sub> · y <sub>i</sub>
22	484	54	2916	1188
47	2209	33	1089	1551
33	1089	45	2025	1485
43	1849	38	1444	1634
39	1521	41	1681	1599
Σ 184	7152	211	9155	7457

$\bar{x} = 36,8$                        $\bar{y} = 42,2$

$$a = \frac{7457 - \frac{184 \times 211}{5}}{7152 - \frac{(184)^2}{5}} = \frac{7457 - 7764}{7152 - 6771} = -0,81$$

$$b = 42,2 - (0,81 \times 36,8) = 71,85$$

Линия регрессии имеет уравнение:

$$y = a x + b, \text{ т.е.}$$

$$y \text{ (содержание Nb)} = -0,81 \times (\text{содержание Ta}) + 71,8$$

Коэффициент корреляции:

$$r^2 = \frac{\left[7457 - \frac{184 \times 211}{5}\right]^2}{\left[7152 - \frac{(184)^2}{5}\right] \left[9155 - \frac{(211)^2}{5}\right]}$$

$$r = \frac{(7457 - 7764)^2}{(7152 - 6771) (9155 - 8904)} = \frac{94249}{381 \times 251} = 0,99$$

Таким образом, коэффициент определенности составляет 99%, а коэффициент корреляции - высокий и отрицательный, что указывает на взаимное замещение Nb и Ta.

Коэффициент корреляции  $r = \sqrt{0,990} = 0,995$ .

Такое высокое значение коэффициента корреляции указывает на сильную отрицательную корреляцию. Если коэффициент корреляции "r" принимает меньшее значение, т.е. он ближе к нулю, чем к единице, тогда возникает вопрос, реальна ли корреляция, или просто она явилась результатом случайного расположения проб. Этот вопрос связан со статистической концепцией нулевой гипотезы. В соответствии с нею оценивается вероятность того, что корреляции нет, т.е. определяется уровень значимости. Обычно он устанавливается на уровне 5%, т.е. в одном случае из 20 корреляции нет, а в 19 случаях из 20 корреляция есть. Минимальные коэффициенты корреляции могут быть рассчитаны, как функция количества пар данных (см. график).

#### Пример расчета:

Цинк - кадмиевый концентрат анализировался 10 раз, коэффициент корреляции  $r = 0,46$

Существенная ли это корреляция при уровне значимости 5%?

Из рисунка следует, что для 10 пар значений минимальный коэффициент при 5%-ном уровне значимости должен составить  $r = 0,63$ , т.е. рассчитанное значение  $r = 0,46$  при этом уровне значимости не является существенным.

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РАЗВЕДОЧНЫХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Идея заключается в том, что на основе разведочных данных определяются доходы добывающего предприятия и эксплуатационные расходы. Содержание полезных компонентов, определенное по керну буровых скважин, обычно оказывается выше, чем содержание в руде, попадающей на обогащающую фабрику.

В данном разделе рассматривается вопрос о потерях при добыче и их влияние на экономику рудника.

### РАЗУБОЖИВАНИЕ

На геологических материалах рудника должны быть показаны промышленные рудные тела в границах зон с содержанием полезного компонента, превышающим бортовое. Метод отработки этих тел будет определяться их формой, минеральным составом и структурными особенностями. При любых горных способах разработки почти всегда вместе с рудой извлекается часть окружающей ее пустой породы. В целом, при валовой отработке в руду попадает больше боковых пород, чем при селективной. Величина разубоживания руды изменяется от 5 до 30%. Наибольшее разубоживание сопровождается отработкой методом обрушения кровли с оставлением целиков и крупными карьерами. Разубоживание уменьшается, когда при подземной отработке используется крепление очистных забоев, или когда в открытых горных выработках используется метод селективной отработки.

### СТЕПЕНЬ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РУДЫ

Случаи, когда может быть извлечено все рудное тело, очень редки. Обычно из-за потерь в целиках и низкой прочности пород степень извлечения составляет около 85-90%.

#### Извлекаемость металла на перерабатывающем предприятии

Важной проблемой являются потери металла при дроблении руды и ее обогащении. Извлекаемость металла определяется в этом случае по формуле:

$$\xi = \frac{\text{(содержание в концентрате)}}{\text{(содержание в руде)} - \text{содержание в хвостах}} \times \frac{\text{(содержание в руде)} - \text{содержание в хвостах}}{\text{(содержание в концентрате)} - \text{содержание в хвостах}}$$

Пример расчета коэффициента извлечения ( $\xi$ ) для предприятия, добывающего свинец:

Содержание в добытой руде = 7% Pb  
Содержание в концентрате = 36% Pb  
Содержание в "хвостах" = 1,5% Pb

$$\xi = \frac{36}{7} \times \frac{(7 - 1,5)}{(36 - 1,5)} = 0,819$$

Коэффициент извлечения равен 0,819

При этом необходимо помнить, что получена лишь предварительная оценка, которая не учитывает наличие сростков минералов, изменение минералогии руд или их частичную окисленность.

#### КОЭФФИЦИЕНТ ИЗВЛЕЧЕНИЯ МАССЫ И КОЭФФИЦИЕНТ ОБОГАЩЕНИЯ

Коэффициент обогащения определяется количеством руды, необходимой для производства одной тонны концентратов. Определение коэффициента обогащения является составной частью оценки руды "in situ".

$$KF = \frac{\text{содержание в концентрате}}{\text{содержание в руде} \times \text{коэффициент извлечения}}$$

Пример расчета коэффициента обогащения для случая, рассмотренного в предыдущем разделе:

$$KF = \frac{36\%}{0,819 \times 7\%} = 6,28$$

Таким образом, для получения 1 т концентрата необходимо добыть 6,28 т руды. Коэффициент извлечения массы рассчитывается, как

$$MR = \frac{1}{KF} = \frac{1}{6,28} = 0,16 \text{ или } 16\%$$

Этот показатель важен при расчете транспортных расходов на перевозку таких видов сырья как железная и марганцевая руды, известняк, уголь, магнезит.

Пример расчета коэффициента извлечения ( $\xi$ ), коэффициента обогащения (KF) и коэффициента извлечения массы (MR) на месторождении марганца:

Содержание в руде 39% Mn  
Содержание в концентрате 55% Mn  
Содержание в хвостах 2% Mn

$$\text{Кoeffициент извлечения: } \xi = \frac{55}{39} \times \frac{(39-2)}{(55-2)} = 0,98 \text{ или } 98\%$$

$$\xi = 98\%$$

$$\text{Кoeffициент обогащения } KF = \frac{55}{0,98 \times 39} = 1,44, \text{ т.е.}$$

1 т концентрата может быть получена из 1,44 т руды.

Кoeffициент выхода концентрата

$$MR = \frac{1}{1,44} = 0,69, \text{ т.е.} \quad MR = 69\%$$

Кoeffициент извлечения массы  $MR = 69\%$  означает, что 69% от тоннажа добытой руды должно будет перевозиться в виде концентрата грузовиками, по железной дороге или морем. Поэтому на месторождениях с большим объемом добычи (п - 10 п млн.т в год) требуется создание крупных транспортных предприятий.

### ЧИСТАЯ ПРИБЫЛЬ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

#### Месторождения полиметаллических руд

Прежде всего не стоит впадать в ошибку, что рыночная стоимость геологических или извлекаемых запасов "в недрах" коррелируется с ценой на металл - это ошибочное мнение. Цены устанавливаются на очищенный металл, а не на концентраты или продукты плавления.

Чтобы рассчитать финансовую прибыль рудника, где добываются цветные металлы, необходимо вычесть из цены на очищенный металл затраты, произведенные на каждой стадии от производства концентратов до рафинирования металла.

Такие расчеты выполняются геологами-разведчиками на предварительной стадии оценки проектов по освоению месторождений цветных металлов. Расчеты эти носят скорее качественный характер, но их достаточно для того, чтобы оценить, стоит ли углубляться в детальную оценку проекта.

#### Пример расчетов при оценке медно-золотого месторождения.

Принимается, что содержания  $Mo$  и  $Ag$  столь низки, что не повлияют на цену руды. Средние содержания в руде составляют 2,4%  $Cu$  и 1,5 г/т  $Au$ . Инвесторы хотели бы знать величину прибыли на 1 тонну добытой руды. Данные, необходимые для расчетов:

(1) извлечение металлов при обогащении:

$Cu$  90% от 2,4%, т.е. 2,16% извлекаемы  
 $Au$  85% от 1,5 г/т, т.е. 1,28 г/т извлекаемы.

(2) содержание в концентрате:

Медный концентрат будет содержать 26%  $Cu$  и 15,27% г/т  $Au$   
(1,28 x 11,93)

Содержание золота в медном концентрате определяется следующим образом. Рассчитываем коэффициент извлечения  $Cu$  и коэффициент обогащения:

а) коэффициент извлечения:

$$\xi = \frac{26}{2,4} \times \frac{2,4 - 0,24}{26 - 0,24} = 0,91$$

б) коэффициент обогащения:

$$KF = \frac{26}{2,4 \times 0,91} = 11,93$$

(3) Транспортные расходы при транспортировке концентрата от рудника до металлургического предприятия (по автодороге) - 22 долл/т

(4) Расходы металлургического предприятия (Т/С) - 85 долл за 1 т медного концентрата.

(5) Потери при переработке (плавлении) руды:

- потери меди - 2 единицы - 2%

- потери золота - 1 г/т концентрата

(6) Расходы на рафинирование металла (R/C).

Этот показатель рассчитывается с учетом потерь металла из концентрата:

Cu R/C = 9 центов/фунт меди

Au R/C = 0,5 г/т концентрата E 5,63 долл.

(7) Цены на металл:

Cu - 0,90 долл/фунт

Au - 350 долл/унцию = 11,25 долл/г

<Примечание: 1% соответствует 22,046 фунтам.>

Результаты:

Стоимость переработки 1 тонны концентрата	Cu	Au
1. Содержания в концентрате	26%	15,27 г/т
Потери при переработке	2%	1 г/т
Содержание товарного металла	24%	14,27 г/т
Общая стоимость концентрата, долл		
- медь (26-2) x 22,046 x 0,9	476,19	
- золото 14,27 x 11,25 x 0,85		136,46
Итого стоимость металла в концентрате:	612,65	
2. Стоимость металлургической переработки (на 1 т концентрата):	85,00	5,63
Общая стоимость, долл:	90,63	
3. Стоимость рафинирования (на 1 т концентрата), долл (26-2) x 22,046 x 0,09	47,62	
4. Транспортировка (1 т концентрата)	22,00	
Общая стоимость концентрата	612,65 долл/т	
- расходы на металлургическую переработку	90,63 долл/т	
- расходы на рафинирование меди	47,62 долл/т	
- транспортные расходы	22,00 долл/т	
Чистая прибыль металлургического предприятия:	452,40 долларов	
	за 1 т концентрата	

Чтобы вычислить прибыль рудника от добычи 1 т руды, необходимо перейти от прибыли, получаемой в результате выплавки меди (452,4 долл за 1 т концентрата) к доходу рудника и вычесть производственные расходы. Для этого сначала надо определить прибыль металлургического предприятия на 1 т руды, используя при этом коэффициент обогащения (KF



Коэффициент обогащения (KF) для меди:

$$KF = \frac{\text{(содержание в концентрате)}}{\text{(содержание в руде} \times \text{коэффициент извлечения)}} = \frac{26}{2,4 \times 0,9} = 12,04$$

т.е, для получения 1 т концентрата надо добыть 12 т руды. Прибыль металлургического предприятия на 1 т руды будет

$$452,4 / 12,04 \approx 37 \text{ долл}$$

Стоимость 1 т руды в недрах:

$$2,4\% \text{ Cu} \quad 90 \text{ центов/фунт} = 47,62 \text{ долл}$$

$$1,5 \text{ г/т Au} \quad 350 \text{ долл/унцию} = 16,88 \text{ долл (11,25 долл/г)}$$

Стоимость 1 т руды в недрах: 64,50 долл

Прибыль металлургического предприятия - 38,00 долл

Обогащение руды (по оценке) - 15,00 долл

Добыча (по оценке) - 7,00 долл

Расходы на управление (по оценке) - 1,00 долл

Сумма затрат на 1 т руды - 23,00 долл

Облагаемая налогом прибыль 38,00 - 23,00 = 15,00 долл/т

Таким образом, владелец рудника в виде прибыли получает \$15,00 долл из каждых 64,5 долл стоимости руды в недрах, т.е. около 23%.

Примем подоходный налог равным 40% (нет оснований для его повышения или снижения):

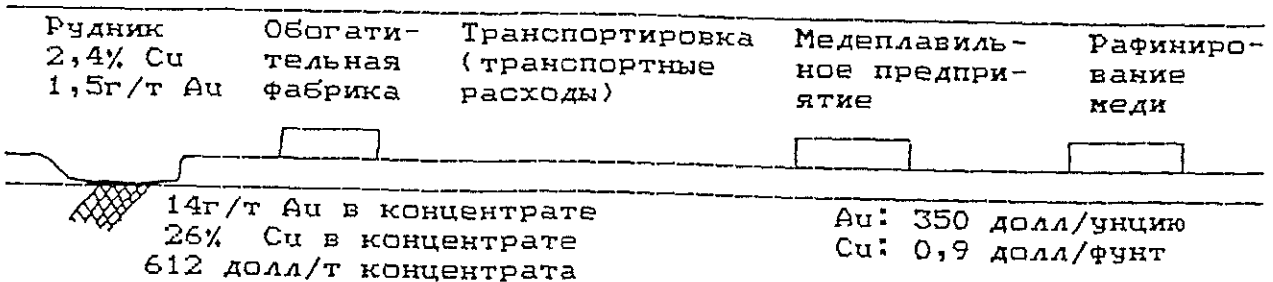
Облагаемая налогом прибыль 15,00 долл/т

Налог 40% - 6,00 долл

9,00 долл

Целью наших расчетов было установить порядок величин экономических показателей, чтобы проверить, необходимы ли более детальные расчеты. Мы выяснили, что владельцы рудника получают в виде прибыли 9,00 долл из каждых 64,50 долл стоимости руды в недрах, т.е. 14%.

Схема образования прибыли металлургического предприятия будет следующей:



Прибыль металлургического предприятия: 452 долл с 1 т концентрата или 38 долл с 1 т руды. 1 фунт = 0,4536 кг

Все допущения, которые мы сделали, были достаточно корректны для проекта, который может быть завершен за 5-10 лет. Таким образом, оценку проектов можно давать на основе таких экономических показателей, как содержание в концентрате, затраты на металлургический передел, потери при переработке руды, затраты на рафинирование металла (с одной стороны) и цена на металл (с другой стороны).

На основе накопленных за длительный период времени данных о деятельности предприятий по выплавке и рафинированию меди получены ус-

редненные значения величины чистой прибыли (в %) и коэффициента извлечения ( $\xi$ ).

Таблица: Приблизительные значения величин, участвующих в расчете чистой прибыли:

	Металл	Процент чистой прибыли для рудника	Коэффициент извлечения ( $\xi$ )
<u>Месторождения</u>			
цветных металлов	Cu	65	90
" "	Zn	50	90
" "	Pb	65	90
" "	Ni	65	80
Оловоплавильные предприятия	Sn	94	60
<u>Месторождения цветных металлов</u>			
	Au	95	80
<u>Золоторудные м-ния</u>			
	Au	98	90
<u>Концентраты (кроме цинковых)</u>			
	Ag	95	80

Данные по Ф.У.Уэлмеру  
(Экономические расчеты при поисках и разведке)

Пример расчетов по вулканогенному (колчеданному) месторождению цветных металлов:

Металл	Содержание	Цены на металл
Cu	1,8%	0,85 долл/фунт
Pb	2,0%	0,32 долл/фунт
Zn	8,2%	0,51 долл/фунт
Ag	1,6 унции/т	4,00 долл/унцию

Основные оценочные показатели могут быть выведены по данным, представленным в таблице, с использованием следующей формулы:

$$[ \text{содержание (\%)} \times 22,046 \times \text{чистая прибыль (\%)} \times (\text{коэффициент извлечения}) \times (\text{цена на металл}) \times (\text{коэффициент на потери при добыче} \approx 0,98-0,99) ]$$

$$(1\% = 22,046 \text{ фунта/т}).$$

Расчет:

$$\begin{aligned} \text{Cu} &: 1,8 \times 0,65 \times 0,9 \times 0,85 \times 22,046 &= 19,73 \\ \text{Pb} &: 2,0 \times 0,65 \times 0,9 \times 0,32 \times 22,046 &= 8,25 \\ \text{Zn} &: 8,2 \times 0,50 \times 0,9 \times 0,51 \times 22,046 &= 41,49 \\ \text{Ag} &: 1,6 \times 0,95 \times 0,8 \times 4,00 &= 4,86 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Чистая прибыль от производства металлов} \\ \text{из 1 т руды} &= 74,33 \text{ долл} \end{aligned}$$

Экономические расчеты для месторождений, продукция которых поставляется морскими перевозками

Ниже приводятся примеры расчетов для руд или концентратов, поставляемых морскими перевозками. Для характеристики их качества используется термин "единица"; 1 ед. равна 1% металла или соединения металла,

содержащегося в руде или в концентрате.

1. Железорудное горнодобывающее предприятие производит высококачественную руду, поставляемую морскими перевозками и содержащую 65% Fe по цене за единицу 0,38 долл.

Доход предприятия составляет:

$$65 \times 0,38 = 24,70 \text{ долл/т}$$

без учета стоимости морской поставки на условиях FOB.

2. Шелитовый рудник добывает руду, содержащую 0,75%  $WO_3$  при коэффициенте извлечения 82% и цене 70 долл за единицу  $WO_3$ .

Доход предприятия от 1 т руды в недрах:

$$70 \times 0,75 \times 0,82 = 43,00 \text{ долл/т}$$

### СРОК ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

При оценке месторождения важно правильно рассчитать годовую производительность будущего рудника.

В предыдущих разделах мы использовали понятия "прибыль за одну тонну руды". Этот показатель зависит от качества руд, т.е. от содержания в них металлов, а не от тоннажа их добычи.

В данной лекции будет рассмотрен вопрос о масштабах добычи в единицу времени, т.е. в день, в месяц, в год. Добыча в единицу времени прямо связана с производственными затратами. Чем она выше, тем ниже будут эти затраты. Это явление получило название "экономия масштаба" - выражение, которое широко используется в горной промышленности.

### Определение срока отработки месторождения

Опыт, накопленный мировой горнодобывающей промышленностью, сводится к следующему:

(1) Некоторые компании предпочитают, чтобы срок эксплуатации месторождения составлял, по крайней мере, 10 лет, чтобы свести к минимуму риск, связанный с колебаниями цен на металл.

(2) Для месторождений с большими запасами низкокачественных (бедных) руд, например, медно-порфировых или золото-вкрапленных, срок отработки рудника принимается равным, как минимум, 20-25 лет. Иногда очень важным является правильный выбор момента для начала освоения месторождения. При этом считается, что идеальным для начала строительства является период, когда цены на металл снижаются, с тем, чтобы начать добычу, как только цены станут расти. Расходы на создание соответствующей инфраструктуры, как правило, велики, да и банковские кредиты следует возвращать в строго установленные сроки, иначе рудник никогда не рассчитается с долгами, хотя и сможет покрыть производственные расходы. Такова дилемма, возникающая при обсуждении проектов, которые, вполне возможно, будут заморожены еще до начала производства.

(3) Оценивая любое месторождение (за исключением медно-порфировых или других, обладающих огромными запасами руд), можно предварительно принять продолжительность деятельности рудника, равной 10 годам. Тогда годовую производительность рудника (в тоннах руды, а не породы) можно определить делением запасов на 10.

(4) Во многих рудных районах базовые оценки срока эксплуатации объекта основываются на историческом опыте. Ниже приводятся два примера:

(а) В Западной Австралии известно множество средних месторождений золота с запасами 4-10 млн т руды. Опыт показывает, что их эффективная разработка соответствует скорости углубления по вертикали приблизительно на 30 м в год.

(б) На золоторудных месторождениях зеленокаменных поясов в Канаде годовая производительность отвечает углублению уровня полной отработки приблизительно на 38 м.

Пример расчетов.

При изучении контролируемой разломом золотоносной зоны окварцевания установлен интервал мощностью 2,1 м, где содержания металла достигают промышленных. В плане участок с промышленными содержаниями вытянут на 250 м.

Какую производительность следует принять за основу для первоначальной оценки?

Плотность породы в керне, в среднем, составляет 2,7 г/см<sup>3</sup>.

Примем производительность рудника, соответствующей годовому углублению рудника на 32 м.

Тогда расчетная производительность (т):

$$250 \times 32 \times 2,1 \times 2,7 = 45360 \text{ тонн/год}$$

Для упрощения примем ее равной 46000 т.

Если предположить, что разбуренный блок имеет запасы 320 000 т, то при такой производительности продолжительность работы рудника составит 7 лет.

ФОРМУЛА ОПТИМАЛЬНОЙ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНОСТИ РАБОТЫ РУДНИКА

Тейлором (1977) выведены две формулы для определения оптимальной продолжительности работы рудника:

$$(1) \text{ Продолжительность работы рудника (n лет)} \approx \approx 0,2 \sqrt[4]{\frac{\text{ожидаемые общие запасы руды (т)}}{t}}$$

или

$$(2) \text{ Продолжительность работы рудника (n лет)} \approx \approx 6,5 \sqrt[4]{\frac{\text{запасы (млн т)}}{t}}$$

Если применить эти формулы к приведенному выше примеру, то получим:

$$(1) \text{ Продолжительность работы рудника} \approx 0,2 \sqrt[4]{\frac{320000}{46000}} = 4,8 \approx 5 \text{ лет}$$

$$(2) \text{ Продолжительность работы рудника} \approx 6,5 \sqrt[4]{\frac{0,320}{46}} = 4,9 \approx 5 \text{ лет}$$

Таким образом, в данном примере оптимальный срок работы рудника, по-видимому, должен быть 5, а не 7 лет.

Тогда годовая производительность (т) равна

$$\frac{320000 \text{ т}}{5} = 64000 \text{ т/год,}$$

а уточненный темп углубления рудника (м) получим из формулы:

$$250 \times m \times 2,1 \times 2,7 = 64000 \quad ; \quad \text{откуда } m = 45 \text{ м/год}$$

Продолжительность работы рудника и производительность

При оценке месторождений целесообразно привести масштабы предполагаемой отработки в соответствие с извлекаемыми запасами. Приводимая ниже таблица содержит средние (за несколько лет) показатели, которые могут быть использованы для этой цели.

Срок эксплуатации рудника и производительность  
(по Тейлору, 1977)

Ожидаемые запасы (млн т)	Средняя продолжительность работы рудника	Средняя производительность (т/день)
0,1	3,5	80
1,0	6,5	450
5	9,5	1500
10	11,5	2500
25	14	5000
50	17	8400
100	21	14000
250	26	27500
350	28	35000
500	31	46000
700	33	60000
1000	35	80000
	Отклонения $\pm 16\%$	Отклонения $\pm 17\%$

< Принимается, что в году 350 рабочих дней >

**КАПИТАЛЬНЫЕ ВЛОЖЕНИЯ И ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ**

Расчет необходимых капиталовложений и производственных расходов можно выполнять только после определения таких оценочных показателей, как запасы, суточная производительность и срок эксплуатации рудника.

На ранних стадиях рассмотрения проектов, при их предварительной оценке геологами, размеры затрат оцениваются, исходя из опыта действующих предприятий, разрабатывающих в сходных условиях аналогичные по запасам месторождения. Точность оценок при этом колеблется от -30% до +50%.

При подготовке документов для банка, т.е. на стадии оценки с целью обеспечения требуемого финансирования, необходимы детальные расчеты с точностью в пределах от -5% до +15%.

При этом, как правило, учитываются два вида затрат:

- капитальные вложения (инвестиции), т.е. затраты, которые будут приносить прибыль в последующие годы;
- производственные расходы, т.е. затраты, которые учитываются при расчете прибыли только на тот год, когда они производятся.

Производственные расходы включают:

- (1) прямые расходы - зарплата и стоимость материалов.

Эти расходы непосредственно ориентированы на производство продукции.

- (2) косвенные расходы - затраты на содержание администрации (обычно они именуется накладными).

Данные о расходах по новым и отработанным объектам публикуются в многочисленных журналах, издаваемых в США, Канаде, Австралии, Англии и ЮАР, например, "Mining Journal" (Англия) и "World Mining" (США).

В процессе проектирования объектов должно учитываться следующее:

Капитальные затраты

Разведка и вскрытие месторождения  
подземными и поверхностными выработ-  
ками

Горно-подготовительные работы  
Строительство зданий и сооружение  
рудника  
Строительство поселка

Обогащение

Дробление  
Истирание  
Получение концентрата  
Удаление пустой породы  
и хвостов

Природовосстановление в процессе строительства  
Зарплата АУП  
Оборотный капитал (оборотные средства)

Подготовка площадки  
Строительство дорог, линий ЛЭП, больниц и т.д.  
Здание и оборудование  
Строительство поселка  
Природовосстановление в процессе строительства  
Проектирование в процессе строительства  
Зарплата АУП  
Оборотный капитал (оборотные средства)

Производственные расходы

Открытая разработка

✓ Подготовка к эксплуатации  
Добыча руды  
Извлечение пустой породы  
Природовосстановление в процессе эксплуатации  
Общие эксплуатационные расходы  
Управленческие расходы

Подземная разработка

Подготовка к эксплуатации  
Горная техника  
Откатка руды  
Общие эксплуатационные расходы  
Управленческие расходы

Обогащение

Дробление  
Истирание  
Получение концентратов  
Удаление пустой породы и хвостов  
Природовосстановление в процессе производства  
Общие эксплуатационные расходы  
Управленческие расходы

Расчет затрат

В дальнейшем мы будем говорить только об общих капитальных затратах и производственных расходах, т.к. определение расходов по отдельным из перечисленных выше позиций выходит за рамки настоящего курса.

Инфляционная поправка к капитальным затратам и производственным расходам

Оперируя величинами затрат в ближайшем будущем, необходимо учитывать влияние инфляции.

Пример расчета.

Требуется оценить производственные расходы, чтобы выяснить возможность продолжения работ в ближайшие 3 года. Уровень инфляции составляет 10%. Производственные расходы в 1993 г., которые проектируются в будущее, составили 130 000 долл/год.

1993	1994	1995	1996
130000	$130000 \times (1,1)^1$	$130000 \times (1,1)^2$	$130000 \times (1,1)^3$
130000	143000	157300	173030

Производственные расходы, в которые введена поправка на инфляцию, получили название "текущие деньги" или "деньги сегодняшнего дня". В противоположность этому, "постоянные деньги" - это затраты того года,

который был принят за основу (в данном примере - 1993 г. и 130000 долл).

Аналогичным образом может вводиться поправка в цифры доходов и прибыли, однако, при сочетании перепроизводства с низким экономическим ростом цены на металл будут расти медленнее, чем инфляция.

### КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ

✓ Чтобы ввести поправку на инфляцию при определении капитальных затрат, используются индексы цен, которые ежегодно корректируются и публикуются в специальном справочнике Маршалла и Свифта "Mine and Mill Index". Небольшая выдержка из него за период 1980-1987 гг. приведена ниже.

#### Маршалл и Свифт. Индексы цен на оборудование

Показатели, приведенные в справочнике на 1926 г., приняты за 100%

Год	Индекс	Инфляция (%)
1980	684	-
1981	740	8,2
1982	780	5,4
1983	799	2,4
1984	817	2,2
1985	823	0,7
1986	827	0,5
1987	837	1,2

Формула с использованием индексов имеет следующий вид:

$$\text{Сегодняшние расходы} = (\text{расходы в год "x"}) \frac{(\text{индекс нынешнего года})}{(\text{индекс года "x"})}$$

Пример расчета: Капитальные затраты на канадском месторождении цветных металлов в 1981 г. составили 280 млн долл. Каковы должны быть капитальные затраты в 1986 г.?

$$\text{Затраты в 1986 г.} = 280 \times \frac{827}{740} = 313 \text{ млн долл}$$

Если вышеупомянутые таблицы индексов отсутствуют, то индексацию капитальных затрат можно производить на основе данных о ежегодной инфляции.

#### Пример расчета:

На месторождении цветных металлов в Канаде капитальные затраты составили 280 млн долл. Требуется определить, каковы должны быть эти затраты в 1986 г., если индекс инфляции в период 1981-86 гг., в среднем, составил немногим более 2% в год

$$\text{Поправка на инфляцию рассчитывается, как } (1 + 0,02)^6 = 1,13$$

Величина капитальных затрат в 1986 г.:  
280 млн долл x 1,13 = 317 млн долл.

Как видим, эта цифра приблизительно совпадает с величиной, рассчитанной первым способом.

### ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ РАСХОДЫ

Хорошим способом определения производственных расходов является использование минимального промышленного содержания, т.е. содержания при котором доходы от добычи руды будут полностью покрывать произ-

водственные расходы, но не приносить прибыли и не компенсировать капитальные затраты.

Пример расчета:

Необходимо определить производственные расходы свинцового рудника, если известно, что

Мин.промышленное содержание	4,1 % Рв
Извлекаемость (коэффициент извлечения) металла	0,9
Цена на свинец	36 центов/фунт
Прибыль (%)	65%
Производственные расходы =	
	$4,1 \times 22,046 \times 0,65 \times 0,9 \times 0,36 = 19,04$ долл/т

Пример расчета текущего минимального промышленного содержания для золотого рудника со следующими характеристиками:

Производственные расходы	63 долл/т
Извлекаемость (коэффициент извлечения) металла при обогащении	92%
Разубоживание при добыче	12%
Цена на золото	350 долл/унцию = 11,25 долл/г

(1) В соответствии с производственными расходами 63 долл /т рассчитываем содержание в г/т, т.е.

$$\frac{63}{350} \times 31,1 = 5,6 \text{ г/т}$$

(2) Определяем текущее минимальное промышленное содержание, вводя поправку на разубоживание и неполное извлечение, т.е.

$$\frac{5,6}{0,92} \times 1,12 = 6,82 \text{ г/т}$$

Обратите внимание, что для определения разубоживания суммируем (1 + 0,12)

Будущие производственные расходы можно рассчитывать и с использованием регрессионного анализа. В этом случае необходимо, чтобы все используемые данные относились к одному и тому же году.

Общая форма нелинейного уравнения, которое будет использоваться нами:

$$y = a x^b, \text{ где "y" - расходы, "x" - производительность рудника, а и b - константы.}$$

Если обе части равенства прологарифмировать, то постоянные "a" и "b" можно будет рассчитать по уравнению линейной регрессии.

Ранее уже говорилось, что это уравнение имеет вид  $y = a + bx$ . Логарифмируя, получаем  $\ln y = \ln a + b \ln x$ . Таким образом, получаем коэффициенты регрессии:

$$a = \exp \left[ \frac{\sum \ln y_i}{n} - b \frac{\sum \ln x_i}{n} \right]$$

$$b = \frac{\sum (\ln x_i)(\ln y_i) - \frac{(\sum \ln x_i)(\sum \ln y_i)}{n}}{\sum (\ln x_i)^2 - \frac{(\sum \ln x_i)^2}{n}}$$



среднее квадратичное:

$$r^2 = \frac{[\sum (\ln x_i)(\ln y_i) - \frac{(\sum \ln x_i)(\sum \ln y_i)}{n}]^2}{[\sum (\ln x_i)^2 - \frac{(\sum \ln x_i)^2}{n}][\sum (\ln y_i)^2 - \frac{(\sum \ln y_i)^2}{n}]}$$

Пример расчета:

Необходимо определить производственные расходы рудника цветных металлов, если его производительность по руде достигает 600000 т/год, уровень развития инфраструктуры приблизительно соответствует австралийскому, а местные данные по стране, необходимые для расчета, отсутствуют.

Для выполнения расчетов необходимы данные по австралийским месторождениям полиметаллов, а именно, сведения о производственных расходах, масштабах годовой добычи. Эта информация доступна, поскольку публикуется в отчетах компаний.

Можно построить график, соответствующий уравнению  $y = a x^b$ ,  
 где  $y$  - производственные расходы  
 $x$  - производительность рудника (т/год).

Данные, публикуемые Ф.Ч.Уэлмером, приведены ниже.

Месторождение	Производительность по руде тыс.т/год (x)	Производственные расходы австрал. долл/т (y)
Кью	180	54,7
Х-Майн	900	39,5
У-Майн	500	41,4
Ильюра	1100	35,1
Тьютоник-Бор	150	72,0
Ренисон-Тин	660	43,8
Трансуик (Канада)	2800	28,9
Маунт-Лайель	1684	23,3

Действие 1. Переходим к натуральным логарифмам  $x$  и  $y$

$\ln x$	$(\ln x)^2$	$\ln y$	$(\ln y)^2$	$\ln x \cdot \ln y$
5,193	26,967	4,002	16,015	20,782
6,802	46,273	3,676	13,510	25,002
6,215	38,621	3,723	13,857	23,134
7,003	49,043	3,558	12,663	24,920
5,011	25,106	4,277	18,290	21,429
6,492	42,149	3,780	14,286	24,58
7,937	63,002	3,365	11,322	26,708
7,429	55,189	3,148	9,913	23,390
52,082	346,350	29,529	109,856	189,903
6,510	43,294	3,691	13,732	23,78

Действие 2. Рассчитываем коэффициенты регрессии  $a$  и  $b$

$$b = \frac{189,903 - \frac{52,082 \cdot 29,529}{8}}{346,350 - \frac{(52,082)^2}{8}} = \frac{189,903 - 192,241}{346,350 - 339,067} = \frac{-2,338}{7,283} = -0,321$$

$$a = \exp \left[ \frac{29,529}{8} + \frac{(0,321 \cdot 52,082)}{8} \right] = \exp [3,691 + 2,090] = \exp 5,781 = 324,083$$

Действие 3. Решаем нелинейное уравнение  $y = a x^b$ ,  
 где  $y$  - расходы (долл/т),  
 $x$  - мощность (производительность по руде) рудника

$y = 324,08 x^{-0,32}$  или при  $X = 600 \times 10^3$  тонн  
 Производственные расходы:

$$324,08 \times 600^{-0,32} = 324,08 \cdot 0,129 = 41,84 \approx 42 \text{ долл/т.}$$

Действие 4. Определяем коэффициент корреляции

$$r^2 = \frac{\left[ 189,903 - \frac{52,082 \cdot 29,529}{8} \right]}{\left[ 346,350 - \frac{(52,082)^2}{8} \right] \left[ 109,856 - \frac{(29,529)^2}{8} \right]}$$

$$r^2 = 0,872$$

$$r = 0,93$$

Таким образом, полученный результат 42 долл/т надежен, т.к. 87% данных могут быть объяснены линейной регрессией логарифмов значений производственных расходов и мощностей рудников.

Производственные расходы предприятий по добыче руд цветных металлов (график степенной функции и нелинейная регрессия):

~~$$y = a x^b$$

$x$  - производственная мощность рудника (производительность по руде, т/год)~~

~~Кривая интерполяции

$$y = 324,08 x^{-0,32}$$

$X = 10^3$  т~~

### ПРИБЛИЗИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ПРИ ОЦЕНКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Если мы имеем дело с обычными месторождениями, не требующими создания какой-то особой инфраструктуры, то следует полагать, что производственные расходы составят около половины стоимости производимого металла.

Налоги, капитальные затраты и прибыль покроют остальные 50% стоимости металла.

Из международного опыта следует, что бортовое содержание покрывает производственные расходы и составляет половину от среднего содержания по месторождению.

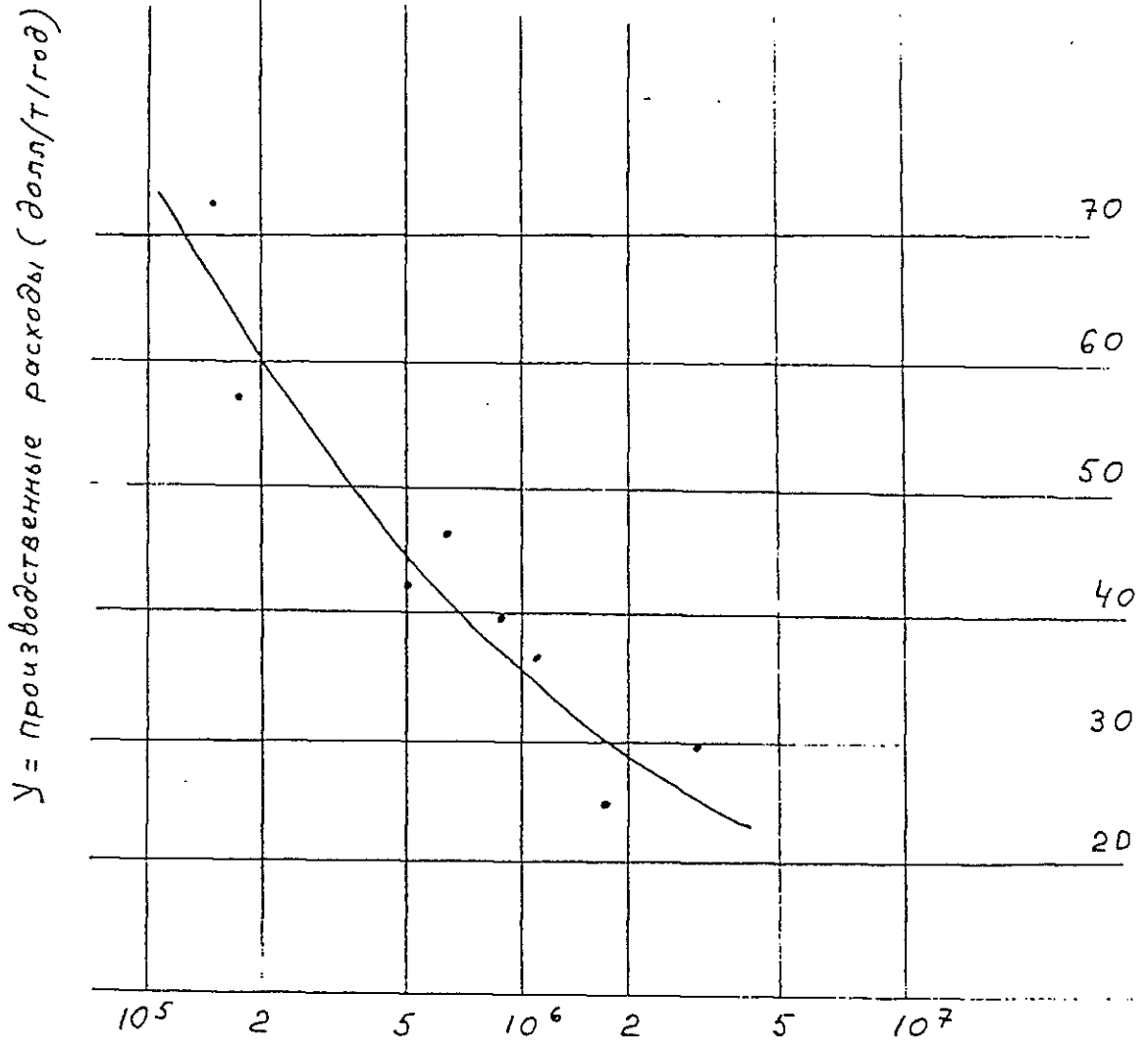
### Расчеты производственных расходов при подземном способе разработки

В целом, в мире используются по существу одни и те же подходы к планированию разработки месторождений и оценке эффективности подземных рудников.

Считается, что заработная плата составляет 40-50% от производственных расходов при подземной добыче. Используя данные о среднем объеме добычи руды на 1 человека в смену, можно оценить общую зарплату для "стандартного" ("усредненного") подземного рудника.

Производственные расходы рудника  
(степенная функция и нелинейная регрессия)

$$y = a \cdot x^b$$



$x =$  мощность (т/год)  
Интерполяционная кривая  $y = 324,06 \cdot x^{-0,32}$

$x = 10^3$  т

Пример расчета:

Необходимо определить производственные расходы рудника, разрабатывающего маломощную антимонитовую жилу, если планируется уровень добычи 15 т на человека в смену в условиях современной безоткатной подземной разработки.

Известно, что на подобных предприятиях зарплата и косвенные выплаты (страхование, медицинское обслуживание и т.д.) в сумме составляют 250 долл/чел.смену.

Поскольку разработка жил требует больших затрат труда, используется верхний предел диапазона изменения доли зарплаты в производственных расходах (40-50%).

Расчет зарплаты:

- производительность		= 15 т/чел.смену
- зарплата за 1 т руды (вместе с косвенными выплатами)	$\frac{250}{15}$	= 17 долл/т

Таким образом, зарплата составляет 17 долл/т (50%); следовательно, производственные расходы (подземная разработка) будут, в целом, составлять 34 долл/т (100%).

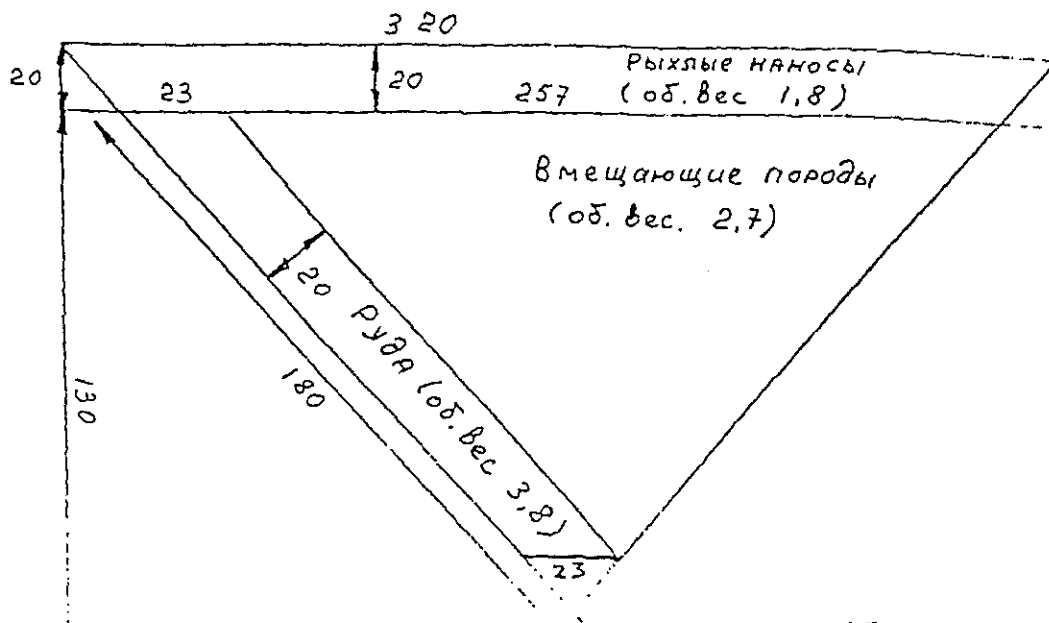
Расчет производственных расходов при открытом способе разработки

В случае разработки месторождения открытыми горными выработками для оценки производственных расходов важную роль будет играть величина отношения "порода/руда". Тем не менее, затраты на добычу 1 т относительно постоянны и составляют приблизительно 1,5-2,0 долл/т для небольших карьеров (производительностью по руде 1000-5000 т/день) или 1,0 долл/т для крупных рудников (производительностью по руде 7500 т/день).

Что касается отношения "порода/руда" (п/р), то оно показывает, сколько тонн породы необходимо удалить для добычи 1 т руды. Если добыча 1 т горной массы обходится в 1 долл, то при отношении п/р = 6 : 1 производственные расходы составят 7 долл за 1 т руды.

Пример расчета: Необходимо оценить производственные расходы при разработке месторождения медно-цинковых руд открытым способом до глубины 150 м. Месторождение имеет следующие характеристики:

Запасы	10,0 млн т руды
Срок эксплуатации рудника	12 лет
Производительность по руде	830 000 т/год
Мощность рудного тела	20 м
Объемный вес сульфидных руд	3,8 г/см <sup>3</sup>
" - " вмещающих пород	2,7 г/см <sup>3</sup>
" - " рыхлых отложений	1,8 г/см <sup>3</sup>



Действие 1. Рассчитываем по разрезам величину отношения "порода/руда". Принимаем угол наклона стенок карьера равным 45°. Площади на разрезе:

$$\text{рыхлых пород} = \frac{(320 + [257 + 231]) \times 20}{2} = 6000 \text{ м}^2$$

$$\text{вмещающих пород} = \frac{257}{2} \times 130 = 16700 \text{ м}^2$$

$$\text{рудного тела} = 180 \times 20 = 3600 \text{ м}^2$$

Действие 2. Используя значения плотности, рассчитываем тоннаж горной массы для данного разреза:

Рыхлые отложения	6000 x 1,8 = 10800 т
Вмещающие породы	16700 x 2,7 = 45090 т
Руда	3600 x 3,8 = 13680 т

Действие 3. Рассчитываем отношение "порода/руда"

$$\text{п/р} = \frac{10800 + 45090}{13680} = \frac{55890}{13680} = 4,09 : 1$$

Величину п/р следует увеличить на 10% с учетом необходимости оформления уступов

$$\text{п/р} = 4,09 \times 1,1 = 4,5 : 1$$

Действие 4. Рассчитываем величину производственных расходов при открытой разработке.

Запасы руды	10 млн т
Срок эксплуатации рудника	12 лет
Годовая производительность по руде	830000 т/год
Количество рабочих дней в году	300 дн

$$\text{Суточная производительность (руда)} = \frac{830000}{300} = 2800 \text{ т/день}$$

Отношение п/р	4,5 : 1
Вес извлекаемой горной массы на 1 т руды	5,5 т
Дневная производительность рудника (горная масса)	5,5 x 2800 = 15400 т/день

Это верхний предел для рудника средней величины.

Принимаем производственные расходы 1,20 долл/т.

Тогда общие производственные расходы составят  
 $1,20 \times 5,5 = 6,60 \text{ долл/т руды.}$

Действие 5. Рассчитываем суммарную величину производственных расходов. Используя нелинейную степенную функцию и регрессию, рассчитываем производственные расходы на обогащение 1 т руды. Обогащительная фабрика имеет следующие характеристики:

Количество рабочих дней в году	365 дн
Ежегодное поступление руды	830000 т
Производительность фабрики (т руды в день)	$\frac{830000}{365} = 2300 \text{ т/день}$

Общая величина производственных расходов:	
Добыча в карьере	6,60 долл/т
Обогащение	5,95 долл/т
АУП (25%)	3,14
	<hr/>
	15,69

Таким образом, производственные расходы составляют, примерно, 16,00 долл/т.

Добываемая руда имеет содержания Zn 2,4% и Cu 0,9%. Если иметь в виду, что запасы руды составляют 10 млн т, то стоит ли вести разговор об эксплуатации месторождения при себестоимости 16 долл/т ?

Действие 6. Определяем чистую прибыль:

чистая прибыль = содержание x 22,046 x чистая прибыль от производства металла (%) x коэффициент извлечения ( ) x цена на металл

Цены на металл (на 28 апреля 1993 г.):

Cu	- 62 цент/фунт
Zn	- 91 цент/фунт

Тогда, чистая прибыль будет:

Cu	0,9 x 22,046 x 0,65 x 0,9 x 0,91	= 10,56
Zn	2,4 x 22,046 x 0,50 x 0,9 x 0,62	= 14,76
		<hr/>
		25,32 долл/т

Таким образом, прибыль от добычи должна составить 25,32 долл/т.  $\approx 25$

Действие 7. Оценка месторождения

Для экспрессной оценки можно использовать принцип, утверждающий, что производственные расходы должны покрываться половиной товарной стоимости металла. Таким образом, мы имеем:

Стоимость товарного металла	25 долл/т руды
Половина стоимости металла	12,5 долл/т руды
Производственные расходы (см. п. 5)	16 долл/т руды.

В данном случае критерий не соблюдается, и компания говорит: "Стоп" или изыскивает возможности для уменьшения производственных расходов.

**ЗАТРАТЫ НА ПЕРЕРАБОТКУ РУДЫ**

При оценке месторождений полезных ископаемых важным аспектом является изучение минерального состава руд, размера минеральных зерен, наличия сростков минералов, твердости руд.

На основе лабораторных испытаний твердости определяется "индекс Бонда" или "индекс обработки Бонда", обычно для краткости именуемый "индексом обработки".

Индекс определяется затратами энергии в киловатт-часах, необходимой для истирания 1 т руды в порошок, 80% зерен которого будут иметь размер менее 100 микрон.

Индекс изменяется в пределах:

- мягкая руда	12
- руда средней твердости	15
- твердая руда	17

Таким образом, для оценки месторождения необходимо:

- определить индекс обработки или коэффициент твердости;
- установить, необходимо ли тонкое истирание для получения порошка с размерами 80% частиц менее 200 меш.

Если на стоимость измельчения не будут влиять никакие другие специфические факторы, то расходы на эту операцию, вероятно, следует увеличить на 20%.

### СТОИМОСТЬ ТРАНСПОРТИРОВКИ

В практике используются аббревиатуры:

FOB ("free on board") - добывающая компания доставляет грузы на судно в определенном порту, причем транспортировку грузов в порт автомобильным, железнодорожным транспортом, а также страхование их оплачивает добывающая компания.

FOR ("free on rail") - условия перевозки те же, что и в предыдущем случае, но грузы доставляются на железнодорожную станцию (какую, оговаривается в договоре).

FOT ("free on truck") - в этом случае грузы перевозятся автомобильным транспортом, а транспортные расходы несет потребитель.

CIF ("cost insurance freight") - в этом случае таможенные пошлины, оформление документов, перевозка и страхование до определенного пункта оплачивает добывающая компания.

FID ("free into container depot") - в этом случае особо ценные материалы отправляются контейнерами.

Учет затрат на перевозку необходим при оценке месторождений, т.к. многие месторождения, являющиеся промышленными по качеству руд, но удаленные от транспортных коммуникаций, становятся непромышленными из-за больших транспортных расходов.

Основными статьями расходов при транспортировке грузов автомашинами, железнодорожным, а затем морским транспортом являются:

- погрузка на руднике;
- перевозка автомобильным транспортом;
- перегрузка на железной дороге;
- перевозка железнодорожным транспортом;
- перегрузка на причале;
- перевозка морским транспортом.

Приблизительные цены:

Автомобильный транспорт	6-8 центов/т/км
Железнодорожный транспорт	2-4 цента/т/км
Погрузка-перегрузка	0,5 цента/т

### ФИНАНСОВО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ РАСЧЕТЫ

При экономических расчетах определяются следующие показатели:

- период окупаемости, т.е. время от начала производства до момента, когда кумулятивный денежный поток (cumulative cash flow) достигает величины, равной нулю;

- чистая современная стоимость (Net Present Value - NPV) - это сумма значений современных ("сегодняшних") стоимостей годовых денежных потоков;

- внутренняя норма прибыли (Internal Rate of Return - IRR) - это не истинная норма прибыли, а то ее значение, при котором достигается бесприбыльно-безубыточная работа предприятия, когда коэффициент дисконтирования (%) приводит к получению нулевой NPV, т.е. нулевой величины чистой современной стоимости.

Эти определения будут более понятны в последующих разделах лекций; однако, сейчас они необходимы для разъяснения понятия "временной стоимости денег".

Затраты и временная стоимость денег

Деньги можно брать в аренду так же, как это делается с автомобилями или квартирами. Плата за такую "аренду" денег носит название "процентная ставка" и выплачивается в определенные моменты времени, согласованные в договоре между кредитором (банком) и заемщиком (добывающей компанией). Размеры процентной ставки и сроки, в которые долг должен быть полностью погашен, определяются надежностью добывающей компании и степенью риска проекта. Как правило, банки устанавливают обычную процентную ставку (напр. 10%) и делают к ней "надбавку" (напр. еще 2%) за риск. К этой ставке добавляется также процент за инфляцию, ожидаемую в период, на который берется кредит.

Процентная ставка может исчисляться в расчете на день, месяц, год или на какой-то иной основе. В горнодобывающей промышленности она обычно устанавливается на год. Деньги, которые берутся в долг, называются капиталом (или основной суммой), и при расчете процента за каждый последующий год к основной сумме добавляется процент за предыдущий год, т.е. идет расчет сложного процента.

Если, к примеру, 1000 долл берутся в банке в кредит под 10%, то формула сложного процента имеет вид:

$$S = I(1 + i)^n,$$

где S - сумма долга, подлежащего выплате через "n" периодов (лет).

I - инвестиции (основная сумма долга)

i - процентная ставка

n - количество периодов (лет)

$$\begin{aligned} S &= 1000 (1+0,1) &= 1100 \text{ долл} & \text{(через 1 год)} \\ S &= 1000 (1+0,1)^2 &= 1210 \text{ долл} & \text{(через 2 года)} \\ S &= 1000 (1+0,1)^5 &= 1610 \text{ долл} & \text{(через 5 лет)} \end{aligned}$$

"Современная стоимость" (Present Value) будущего дохода (т.е. 1100, 1210, 1610 долл) может быть рассчитана (при величине дисконтирования - 10%) по формуле

$$PV (I) = \frac{S}{(1+i)^n}$$

$$\text{При } n = 5 \text{ лет} \quad PV (I) = \frac{1610}{(1+0,1)^5} = 1000 \text{ долл}$$

Таким образом, современная (нынешняя) стоимость тех 1610 долл, которые будут выплачены (или заработаны) через 5 лет, рассчитанная при 10-процентной ставке, составляет 1000 долл.

Итак, чтобы определить, сколько будут стоить через "n" лет (n=5) сегодняшние инвестиции I (в нашем примере 1000 долл), необходимо использовать сложный коэффициент  $(1 + i)^n$ .

Если необходимо рассчитать будущую стоимость проекта (предположим через 5 лет) или его современную стоимость при заданной учетной ставке "i" (например, 10%), то используется коэффициент дисконтирования

$$q^{-n} = \frac{1}{(1+i)^n} \quad \text{или} \quad (1+i)^{-n}$$

$q^{-n} = (1 + i)^{-n}$ , например  $q^{-5}$  для 5-летнего периода и 10%-ной ставки равен:

$$q^{-5} = (1 + i)^{-5} = (1+0,1)^{-5} = 0,6205$$

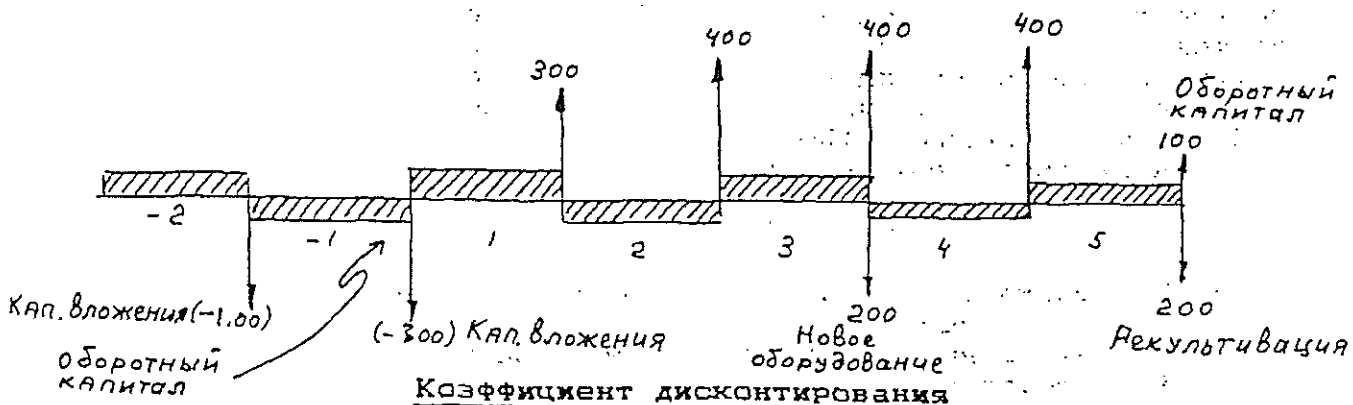
Коэффициент дисконтирования играет важнейшую роль в экономических расчетах по определению DCF (дисконтированного денежного потока)



Discounted Cash Flow), позволяя рассчитать чистую современную стоимость (NPV) и внутреннюю норму прибыли (IRR).

Важной областью применения этого показателя (коэффициента дисконтирования) является определение чистой современной стоимости, или покупной стоимости горнорудного объекта. Если определить достаточно точно капитальные затраты, производственные расходы, чистую прибыль и запасы несторождения и если известен уровень инфляции (т.е. покупательная способность доллара), то, рассчитав ежегодный доход, можно определить современную (нынешнюю) стоимость рудника, и таким образом, выйти на покупную цену при определенной учетной ставке дисконтирования, т.е. минимальной норме прибыли компании:

Схема формирования прибыли



Пример расчета.

Необходимо определить покупную цену горнорудного объекта (несторождения) с запасами, достаточными для обеспечения добычи в течение 5 лет.

Компания сделала расчет денежного потока, показывающий, какую чистую прибыль она получит после уплаты всех налогов и списаний. Компания решила установить учетную ставку дисконтирования в 20%, т.е. это минимальная норма прибыли, при которой она считает объект привлекательным для себя. Капитальные вложения для улучшения работы объекта составляют 12 млн долл.

Данные покупной стоимости

Год	Денежный поток (млн долл)	Коэффициент дисконтирования при учетной ставке 20% $(1+i)^{-n}$	Современная стоимость (млн долл)
1	4,00	0,8333	3,33
2	5,00	0,6944	3,47
3	6,00	0,587	3,47
4	4,00	0,4823	1,93
5	2,00	0,4019	0,80
	<u>21,00</u>		<u>13,00</u>
		Вычитаемые капитальные затраты	12,00
		Покупная цена	1,00

Компания должна быть готова к тому, чтобы заплатить за приобретение объекта 1 млн долл. Можно еще вести переговоры о цене объекта,

имея в виду будущие открытия рудных тел в его пределах, но в этом случае никаких точных оценок в вышеуказанный расчет покупной стоимости ввести нельзя.

Расчет динамики денежного потока является заключительным финансовым документом в предварительных или окончательных технико-экономических исследованиях горнорудного проекта. На стадии окончательной технико-экономической оценки в работе принимают участие горные инженеры, геологи, обогатители, металлурги и экономисты. Детальные расчеты денежных потоков выполняются экономистами с использованием сложных компьютерных программ.

Рудники и обогатительные фабрики проектируются в расчете на непрерывную работу с определенной производительностью. Поэтому после того, как компания установит определенный режим работы и утвердит план разработки месторождения, доход и производственные расходы считаются относительно постоянными в течение всего срока работы рудника.

Коэффициент ежегодной ренты (аннуитета)

При расчете денежных потоков следует учитывать, что периодические платежи, т.е. выплаты основного долга (инвестиционный кредит) и процентов по нему, производятся либо в начале очередного платежного периода до того, как начинает формироваться сложный процент (т.е. оплата авансом или обязательная ежегодная плата), либо в конце (обычная ежегодная рента - аннуитет).

В горнорудной промышленности используется обычная рента. При рассмотрении проектов освоения месторождений рента вводится в расчет как серия выплат основного долга и процентов по нему. Для расчета современной стоимости (Present Value - PV) будущего дохода, равномерно распределенного по годам, можно применять "коэффициент ренты", или "коэффициент аннуитета".

Коэффициент аннуитета может использоваться для расчета современного значения стоимости будущих денежных потоков, если денежные потоки одинаковы для каждого года эксплуатации объекта.

Ранее уже говорилось, как выводится коэффициент дисконтирования:

$$q^{-n} = (1+i)^{-n}$$

Геометрическая прогрессия для будущих денежных потоков, в целом, будет выглядеть следующим образом:

$$b_n = \frac{q^n - 1}{q^n (q - 1)}, \text{ где } q = (1+i)$$

Показатель  $b_n$  - коэффициент ренты. Таким образом, формула расчета чистой современной стоимости (NPV) для случая денежных потоков, равномерно распределенных по годам, примет следующий вид:

$$NPV = CF \cdot b_n - I,$$

где I - инвестиции  
CF - денежный поток

Коэффициент ренты (аннуитета) для срока эксплуатации, например, 5 лет при ставке дисконтирования 20% вычисляется следующим образом:

$$b_n = \frac{q^n - 1}{q^n (q - 1)} = \frac{(1+i)^n - 1}{(1+i)^n (1+i - 1)} = \frac{(1+0,2)^5 - 1}{(1+0,2)^5 (1+0,2 - 1)} = \frac{2,4883 - 1}{2,4883 \times (0,2)} = 2,9905$$

Таким образом, предварительная финансовая оценка проекта может про-

изводиться на основе учета аннуитета (остаточный платеж, обычная ежегодная рента). Современная стоимость определяется по формуле дисконтирования:

$$\text{Современная стоимость (PV)} = \frac{A (1+i)^{n-1}}{i(1+i)^n}$$

где

A - ежегодный доход  
i - процентная ставка  
n - платежный период

Пример расчета:

Рудник дает доход 5 млн долл в год в течение 5 лет при учетной ставке дисконтирования 20%. Какова будет его современная стоимость, если уровень производства и ставка дисконтирования останутся неизменными?

Коэффициент ренты (аннуитета) для 5 лет при ставке 20% составляет 2,9906 (см. таблицы аннуитета)

Современная стоимость (PV) = 2,9906 x 6 = 17,94 млн долл  
Если капитальные затраты (I) составляют = 12,00 млн долл, то  
NPV (чистая современная стоимость,  
т.е. покупная цена) = (PV - I) = 5,94 млн долл.

В следующих разделах будут рассмотрены простейшие расчеты денежного потока, которые выполняются на стадии предварительной оценки объекта с целью определения его приблизительной стоимости и целесообразности проведения дальнейших детальных расчетов и связанных с ними затрат <Примечание: имеются в виду поисково-оценочная стадия и стадия предварительной разведки.> Этот расчет может выполняться с помощью мини-калькулятора.

Чистая современная стоимость (NPV)

(1) "Чистая современная стоимость" показывает руководству компании, каков должен быть размер предполагаемых инвестиций в горнорудный проект, который может разрабатываться, а может и не быть вовлечен в эксплуатацию. При этом учитываются следующие оценочные показатели:

I - инвестиции;

NC - ежегодный чистый денежный поток, остающийся после уплаты налогов, процентов по кредиту и погашения части долга;

- дата, на которую будет рассчитываться по коэффициенту дисконтирования чистый денежный поток (начало или конец года);

- риск, заложенный в проект = учетная ставка дисконтирования (в США называется "пределной ставкой" - hurdle rate).

(2) В расчетах денежных потоков фигурируют только реальные деньги, поэтому амортизация капитального оборудования, например, в расчетах не участвует, а налоги участвуют.

(3) Все денежные потоки в дальнейшем будут определяться на конец года.

(4) В расчете денежного потока будут использованы следующие величины:

(а) Инвестиции (I); в таблицах, отражающих динамику денежного потока, порядковые номера лет, предшествующих началу добычи, даются со знаком "-", а после начала добычи - со знаком "+".

(б) Производственные расходы (Operating Cost) и доходы (Revenue). Прибыль производства рассчитывается из уравнения:

"доход\* - производственные расходы = прибыль производства".

\*<В советской литературе "доход" - стоимость товарной продукции> Из производственной прибыли вычитаются налоги, проценты по долгу и суммы в уплату долга.

(в) Расходы по замене основного оборудования ("повторные тра-

ты"); большая часть горного оборудования и часть оборудования на фабрике требуют периодической замены.

(г) Оборотный капитал; обычно это производственные расходы за 3-6 месяцев, которые включаются в расчет. Они характеризуют так называемый "эффект трубопровода", т.е. задержку между добычей руды, ее продажей и получением предприятием денег за продажу.

(д) Остаточная стоимость и затраты на природовосстановительные работы. После остановки рудника некоторая часть оборудования может быть продана или сдана в утиль. Весьма значительными могут оказаться расходы на природовосстановительные работы.

Ниже приводятся упрощенные расчеты, в которых используются следующие допущения:

1. Капитальные затраты (инвестиции) производятся в один год: Год 0 или Год - 1. Выплаты процентов включаются в производственные расходы.

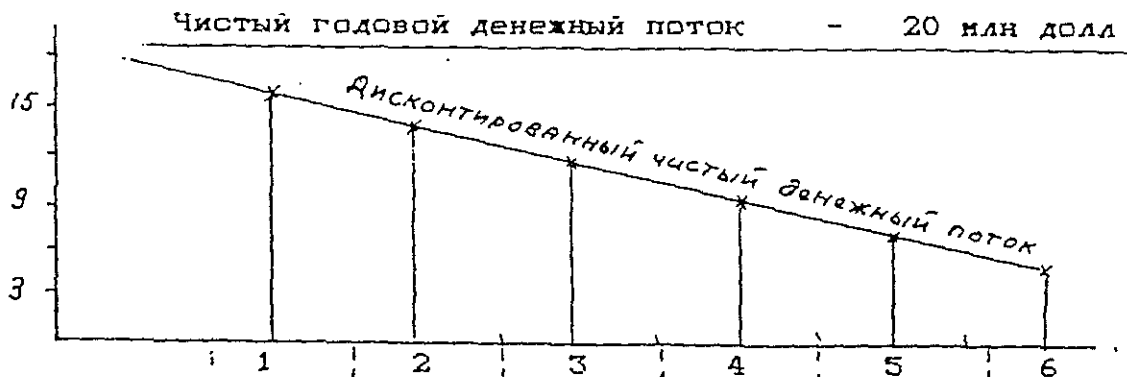
2. Все денежные потоки дисконтируются на конец Года 0 (начало Года 1). Таким образом, производственный доход за Год 1 должен поступить в конце Года 1. Тогда денежный поток от производства в 1-ый год будет дисконтироваться с коэффициентом  $\varphi$ .

3. В расчет денежного потока включаются специальные статьи, такие как "возврат оборотного капитала" и расходы на охрану окружающей среды.

4. Затраты по замене капитального оборудования вводятся в окончательную величину денежного потока.

До начала расчета DCF (дисконтированного денежного потока) и IRR (внутренней нормы прибыли) можно построить следующую схему дисконтированного денежного потока:

<u>Исходные данные:</u>	Годовой денежный поток	-	20 млн долл
	Коэффициент дисконтирования (предельная ставка)	-	18%
	Срок эксплуатации	-	6 лет



	1	2	3	4	5	6
Чистый доход (млн долл)	20	20	20	20	20	20
Коэффициент дисконтирования $\varphi^n = \frac{1}{(1+i)^n}$ $i=0,18$	0,8475	0,7182	0,6086	0,5158	0,4371	0,3704
Дисконтированный чистый денежный поток (млн долл)	16,95	14,36	12,17	10,32	8,74	7,41
Суммарный чистый денежный поток						69,95

Расчет:

Горно-рудной компании необходимы инвестиции в 55 млн долл. Ежегодные денежные потоки по расчету составляют 20 млн долл в течение 6 лет работы рудника при учетной ставке дисконтирования 18%. Какова чистая современная стоимость (NPV) объекта для потенциального покупателя?

Используем формулу:

$$NPV = (\text{сумма дисконтированных денежных потоков}) - (\text{капитальные вложения}) = 69,95 - 55 = 14,95 \text{ млн долл}$$

Иными словами, если компания планирует получить 18% прибыли с капитальных затрат (в случае инвестирования), то стоимость объекта на сегодняшний день составит 14,95 млн долл. Процентная ставка или коэффициент дисконтирования, выбранные для конкретного проекта, очевидно, прямо влияют на величину чистой современной стоимости. Каждая компания проводит свою инвестиционную политику, но существуют так называемые правительственные ставки долговых обязательств, которые применимы к долговременным инвестициям с минимальным риском. Если эти общепринятые ставки по долговым обязательствам составляют 10%, тогда коэффициент дисконтирования по проектам разработки полезных ископаемых должен быть не менее 15%, а в районах политической нестабильности или при других факторах риска, не контролируемых компанией, они даже могут превышать 20%.

Что касается проектов, срок выполнения которых превышает 15 лет, то поскольку коэффициент дисконтирования убывает в геометрической прогрессии, вклад последних лет в чистую современную стоимость оказывается очень незначительным. Таким образом, долгосрочные проекты дадут прибыль в "долларах сегодняшнего дня" или "текущих долларах", но вклад, выраженный в постоянных долларах, оказывается очень мал.

Это показано в предыдущем примере, где дисконтированный денежный поток в Год 1 составляет 16,95 млн долл, а в Год 10 он достигает лишь  $10 \times 0,1911 = 1,91$  млн долл, т.е. только 11% соответствующего показателя Года 1.

Внутренняя норма прибыли (IRR)

Внутренняя норма прибыли может быть рассчитана, исходя из чистой современной стоимости (NPV).

Коэффициент дисконтирования:

$$q^{-n} = \frac{1}{(1+i)^n} \text{ or } (1+i)^{-n}$$

Эта величина убывает в геометрической прогрессии. Чем выше коэффициент дисконтирования, тем ниже NPV.

В соответствии с формулой геометрической прогрессии, коэффициент ренты (аннуитета) чистой современной стоимости равен

$$b_n = \frac{q^n - 1}{q^n (q - 1)}, \text{ где}$$

$$q = 1 + i,$$

$b_n$  - сумма геометрической прогрессии, называемая также коэффициентом ренты (аннуитета)

Пример расчета внутренней нормы прибыли (IRR) проекта по разработке полезных ископаемых:

Расчеты можно производить по формуле или с помощью таблиц исчисления ренты (аннуитета).

1 способ определения IRR (по формуле ренты)

Исходные данные:

- капитальные вложения - 55 млн долл
  - чистый денежный поток - по 20 млн долл в течение 6 лет
- Рассчитать NPV при 10%, 20%, 30%

Результаты:

Действие 1. Коэффициент ренты для  $n = 6$  и  $i = 10\%$ ,  $q = 1 + i$

$$(1) \quad b_n = \frac{q^n - 1}{q^n (q - 1)} = \frac{1,1^6 - 1}{1,1^6 (1,1 - 1)} = \frac{1,77 - 1}{1,77 (0,1)} = 4,35$$

(2) Из таблиц для исчисления ренты

при 10%	$b_n = 4,3553$
20%	$b_n = 3,3255$
30%	$b_n = 2,6427$

Действие 2.

Формула для чистой современной стоимости:

NPV = чистый денежный поток  $\times b_n - I$

- при 10% :  $20 \times 4,3553 - 55 = 32,11$  млн долл
- при 20% :  $20 \times 3,3255 - 55 = 11,51$  млн долл
- при 30% :  $20 \times 2,6427 - 55 = 2,15$  млн долл.

Строим диаграмму:



Построенная кривая пересекает ось X в точке 28% (для этой точки NPV = 0). Это и есть внутренняя норма прибыли (IRR). В данном методе расчета внутренней нормы прибыли выбирается то значение этой величины, при котором сумма дисконтированных денежных потоков как раз покрывает инвестиции.

В расчетах могут использоваться следующие уравнения:

- при неравномерных денежных потоках  $I = \sum (CF \times q^{-n})$
- при равных (ежегодных) денежных потоках  $I = \sum CF \times b_n$

2-й способ определения IRR. Равномерные денежные потоки.

Исходные данные:

- капитальные вложения (инвестиции) 55 млн долл
- денежный поток (общий) 14 млн долл
- срок эксплуатации 7 лет

Результаты:

$$b_n = \frac{\text{инвестиции}}{\text{денежный поток}} = \frac{55}{14} = 3,9286$$

Из таблиц ренты (аннуитета) для  $b_n = 3,9286$  и  $n = 7$  лет:

16%	$b_n = 4,0386$	
17%	$b_n = 3,9224$	Разница составляет 0,1162 на 1%
		0,1% = 0,0116

Интерполяцией получаем, что при  $b_n = 3,9286$  IRR = 16,9%

3-ий способ определения IRR. Неравномерный денежный поток.

Исходные данные:

- капитальные затраты (инвестиции) - 100 млн долл
- денежный поток - 25 (1 год), 35(2), 40(3), 40(4), 35(5)
- срок эксплуатации рудника - 5 лет

Результаты:

Преобразуем неравномерный денежный поток в равномерный с помощью усреднения.

Рассчитываем средний денежный поток:  $175/5 = 35$  млн долл.

Эту величину следует несколько увеличить, если более высокая прибыль ожидается в первые годы, или несколько снизить, если более высокая прибыль извлекается в последние годы.

В данном примере снижаем ее с 35 млн до 33 млн долл.

Коэффициент ренты =  $100/33 = 3,0303$

Из таблиц ренты (аннуитета) для  $b_n = 3,03$  и  $n = 5$

19%	= 3,0576	
20%	= 2,9906	3,0303 - наш коэффициент ренты

Выбираем 2 значения ставки дисконтирования:

1-ое менее 19%, т.е. 18% ( $i_1$ ),

2-ое более 20%, т.е. 22% ( $i_2$ ).

Рассчитываем чистую современную стоимость (NPV) при 18% и 22%.

Денежный поток составил:

Год 0	1	2	3	4	5
-100	25	35	40	40	35

Расчет производим, начиная с величины потока за последний год

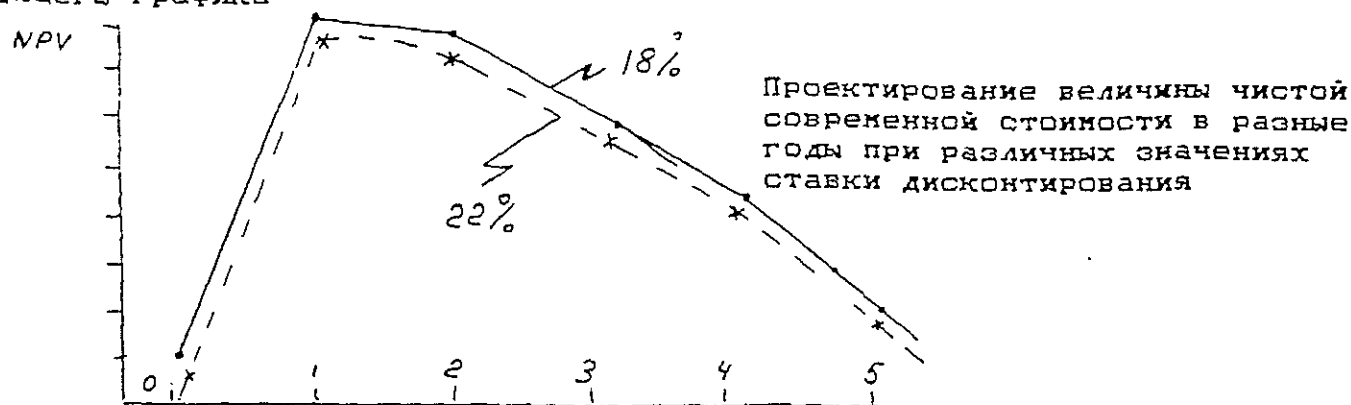
Год	NPV (18%) $i_1$	NPV (22%) $i_2$
5	$35/1,18 = 29,66$	$35/1,22 = 28,69$
4	$(29,66+40)/1,08 = 59,03$	$(28,69+40)/1,22 = 56,30$
3	$(59,03+40)/1,18 = 83,93$	$(56,30+40)/1,22 = 78,94$
2	$(83,93+35)/1,18 = 100,79$	$(78,94+35)/1,22 = 93,39$
1	$(100,79+25)/1,18 = 106,60$	$(93,39+25)/1,22 = 97,04$
0	$106,60-100 = 6,602$	$97,04 - 100 = -2,96$

$$IRR = i_1 + (i_2 - i_1) \times \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2}$$

$$IRR = 18 + (22 - 18) \times \frac{6,602}{6,602 - (-2,960)} = 20,71\%$$

Определение IRR (внутренней нормы прибыли) по величине чистой современной стоимости (NPV) путем обратного расчета может быть очень полезным для определения чистой современной стоимости оставшейся части

объекта. Реализацию проекта во времени можно представить в виде следующего графика



Расчет самоокупаемости объекта и минимальные параметры

Горнодобывающие компании часто рассматривают в качестве важных факторов масштаб месторождения и содержания. Использование коэффициентов ренты (аннуитета) позволяет рассчитать параметры, при которых достигается самоокупаемость или минимальные параметры для заданных условий.

Пример расчета.

Горнодобывающей компании предлагается для разработки золоторудное месторождение, однако предоставленная информация недостаточна. Компания обычно работает на условиях, чтобы минимальная внутренняя норма прибыли до вычета налогов (Rate of Return - ROR) составляла 23%. Геолог и горный инженер должны определить величину минимального извлекаемого содержания золота, при котором будет обеспечиваться такая прибыль (цена золота - 350 долл/унцию).

Исходные данные, имеющиеся у компании:

Геологические запасы	- 10 млн т
Способ отработки	- подземный
Извлечение из недр	- 85%
Срок эксплуатации рудника	- 12 лет
Извлечение на фабрике	- 90%
Капиталовложения	- 20 млн долл
Производственные расходы	- 90 долл/т

Результаты:

1. Рассчитываем годовой объем (тоннаж) производства:

$$\text{Производство/год} = \frac{10\,000\,000 \times 0,85}{12} = 710\,000 \text{ т/год}$$

2. Рассчитываем коэффициент ренты: (23%) (q = 1 + i)

$$b_n = \frac{q^n - 1}{q \times (q - 1)} = \frac{(1 + 0,23)^n - 1}{(1 + 0,23) \times (1 + 0,23) - 1} = 3,985$$

С использованием таблиц (при величинах 12 лет и 23%) мы бы получили  $b_n = 3,9852$ .

3. Рассчитываем годовую производственную прибыль (Operating Profit - OP):

$$I = OP \times b_n$$

$$OP = I / b_n = 20 / 3,9852 = 5,02 \text{ млн долл}$$



4. Определяем величину прибыли от производства 1 т руды:

$$\frac{5\ 020\ 000}{710\ 000} = 7,07 \text{ долл/т}$$

5. Рассчитываем необходимый минимальный доход (сумму производственных расходов и производственной прибыли):

$$\text{Мин. доход/тонну} = 90 + 7,07 = 97,07 \text{ долл/т}$$

Этот минимальный доход покрывает производственные расходы и обеспечит необходимую прибыль с капитала.

6. Определяем золотой эквивалент минимального дохода:

- цена на золото - 350 долл/унцию
  - минимальный доход - 97,07 долл/т
  - золотой эквивалент -  $97,07/350 = 0,28$  унции/т
- Переводим в г/т  $0,28 \times 31,1 = 8,63$  г/т

7. Рассчитываем содержание золота в руде в недрах:

Извлечение золота (при обогащении и металлургическом переделе) составляет 90% ( $\xi = 0,9$ )

$$\text{Содержания в руде в недрах} = \frac{8,63}{\xi} = \frac{8,63}{0,9} = 9,6 \text{ г/т}$$

т.е. содержание Au в руде в недрах должно быть около 10 г/т.

После того, как определены необходимые содержания металла в руде в недрах, отвечающие требованиям компании, ее специалисты должны решить следующие вопросы:

Геолог:

- Отвечает ли истине модель рудного поля?
- Являются ли пробы достаточно представительными?
- Какие работы необходимы для подтверждения запасов и содержаний металла?
- Каковы возможности повторных определений?

Горный инженер:

- Механические свойства пород, горно-технические условия;
- Оптимальный способ обработки;
- Возможности ускорения открытой разработки;
- Перспективы повышения извлечения металла при металлургическом переделе;
- Затраты энергии;
- Стоимость обустройства и рабочей силы;
- Транспорт;
- Налогообложение;

## ГОРНОДОБЫВАЮЩАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ И ИСТОШЕНИЕ НЕДР

Фундаментальное различие между добывающей компанией и перерабатывающими предприятиями состоит в том, что в процессе разработки месторождения участок недр, принадлежащий добывающей компании, истощается.

Следовательно, горнорудная компания за время действия рудника должна зарезервировать средства, достаточные для финансирования поисковых и разведочных работ или приобретения новых объектов, чтобы хотя бы приблизительно компенсировать истощение месторождения.

Именно это требование является побудительным мотивом для проведения дополнительных поисково-разведочных работ, выбора и приобретения новых объектов.

Средства, необходимые для замены одного (истощаемого) участка другим, обычно получают из производственной прибыли до уплаты налогов.







Mineral Evaluation Course

ANNUITY FACTOR (for the present value of a uniform series of one unit of currency for the next "n" years, discounted at "r"%)

Table with columns for Year (1-40) and rows for interest rates from 21% to 40%. Values represent annuity factors, generally decreasing with both year and interest rate.

- 49 -  
НАЛОГООБЛОЖЕНИЕ

Горнодобывающие компании обычно облагаются налогами трех видов: на доход, производство и горный отвод.

Подоходный налог уплачивается Федеральному правительству и местным властям. В США и др. странах с рыночной экономикой существуют специальные законы, по которым для добывающих компаний налог на доход уменьшается ввиду истощения участка недр. Достигается это предоставлением "скидок за истощение", а также разрешением включать расходы на поисково-разведочные работы в производственные затраты, а не в капитальные. Такого рода льготы позволяют ежегодно за счет совокупного дохода пополнять фонды, которые используются для открытия новых рудных тел, возмещающих уже отработанные. Величина отчислений в эти фонды обычно определяется в соответствии с "процентом истощения". Он позволяет использовать на пополнение фондов такую часть дохода, чтобы после ее вычитания итог составлял не более 50% от чистого дохода, получавшегося до истощения участка.

В 1986 г. в США скидка на "истощение недр" составляла в зависимости от вида сырья:

медь 15%	цинк 22%	алмазы 14%
свинец 22%	золото 15%	платиноиды 22%.

Налоги на производство (налоги за использование недр или выделение участка) взимаются правительством штата. Они налагаются независимо от того, получает ли предприятие прибыль или несет убытки и действуют только в добывающей отрасли.

Налоги на горный отвод налагаются правительством штата или местными властями. Размер налога определяется рыночной стоимостью участка.

Налоги за использование недр и на горный отвод сильнее всего влияют на прибыльность предприятия в период экономического спада, тогда как подоходный налог увеличивается с повышением прибыльности. Налогооблагаемая прибыль уменьшается за счет амортизационных отчислений за износ капитального оборудования. Известны три основных метода расчета амортизационных отчислений: "метод прямой линии", "метод уменьшения баланса" и метод "суммирования количества лет".

На примере месторождений цветных металлов Канады было изучено влияние различных налогов и налоговых ставок на деятельность добывающих компаний (Маккензи и Билодо, 1979). Это исследование показало, что налог на прибыль (подоходный налог) способствует увеличению общественного богатства в 2-10 раз эффективнее, чем налог за использование недр и налог на горный отвод, поскольку с его помощью можно удвоить количество потенциально прибыльных месторождений и повысить норму прибыли инвесторов. На основе этого исследования были внесены изменения в горное законодательство Британской Колумбии.

Влияние налогообложения на добычу полезных ископаемых  
в Британской Колумбии

	С налогом за использование недр	Без налога за использование недр
"Современная стоимость" для общества	29 млн фунтов	116 млн фунтов
Сумма налоговых поступлений	592 млн долл	710 млн долл
Количество промышленных месторождений	12	15
Норма прибыли инвесторов 29 млн фунтов	6,6%	8,8%

В последние годы увеличение добычи полезных ископаемых, последовавшее за изменением налогового законодательства, отмечается в Ирландии, Аргентине, на Ямайке.

При рассмотрении результатов деятельности добывающего предприятия важно учитывать ее общезкономический результат, т.е. ее влияние на состояние местной и национальной экономики, которое определяется так называемым "множественным эффектом".

При оценке проектов всегда следует применять основные ставки налогов, установленные законом. Если проект оказывается привлекательным только благодаря особым налоговым скидкам, то его следует анализировать с предельной осторожностью, поскольку эти налоги могут быть внезапно отменены.

## ФИНАНСОВЫЙ АНАЛИЗ ГОРНОРУДНОГО ПРОЕКТА

### Дисконтированный доход, налоги, размеры инвестиций

#### Производственный проект

Компания приобрела в собственность месторождение золота, уплатив 200 000 долл. Анализ показал, что его отработка может продолжаться 5 лет. Были выполнены металлургические испытания, рассчитаны капитальные затраты и производственные расходы.

Каковы будут период самоокупаемости, чистая современная стоимость и внутренняя норма прибыли, если компания установила учетную ставку в 20% после выплаты налогов? Считается, что инфляция составляет 0%.

#### Исходные данные:

Годовой объем производства обогатительной фабрики	500 000 т/год
Содержание извлекаемого золота (на фабрике)	4,0 г/т
Цена на золото (350 долл/унция)	11,25 г/т
Капитальные затраты в 1-й год	21 млн долл
Производственные расходы (добыча, обогащение, управление предприятием)	23,00 долл/т
Расходы на приобретение объекта	200 000 долл
Рекультивация	500 000 долл

### Построение таблицы денежного потока

(млн долл США)

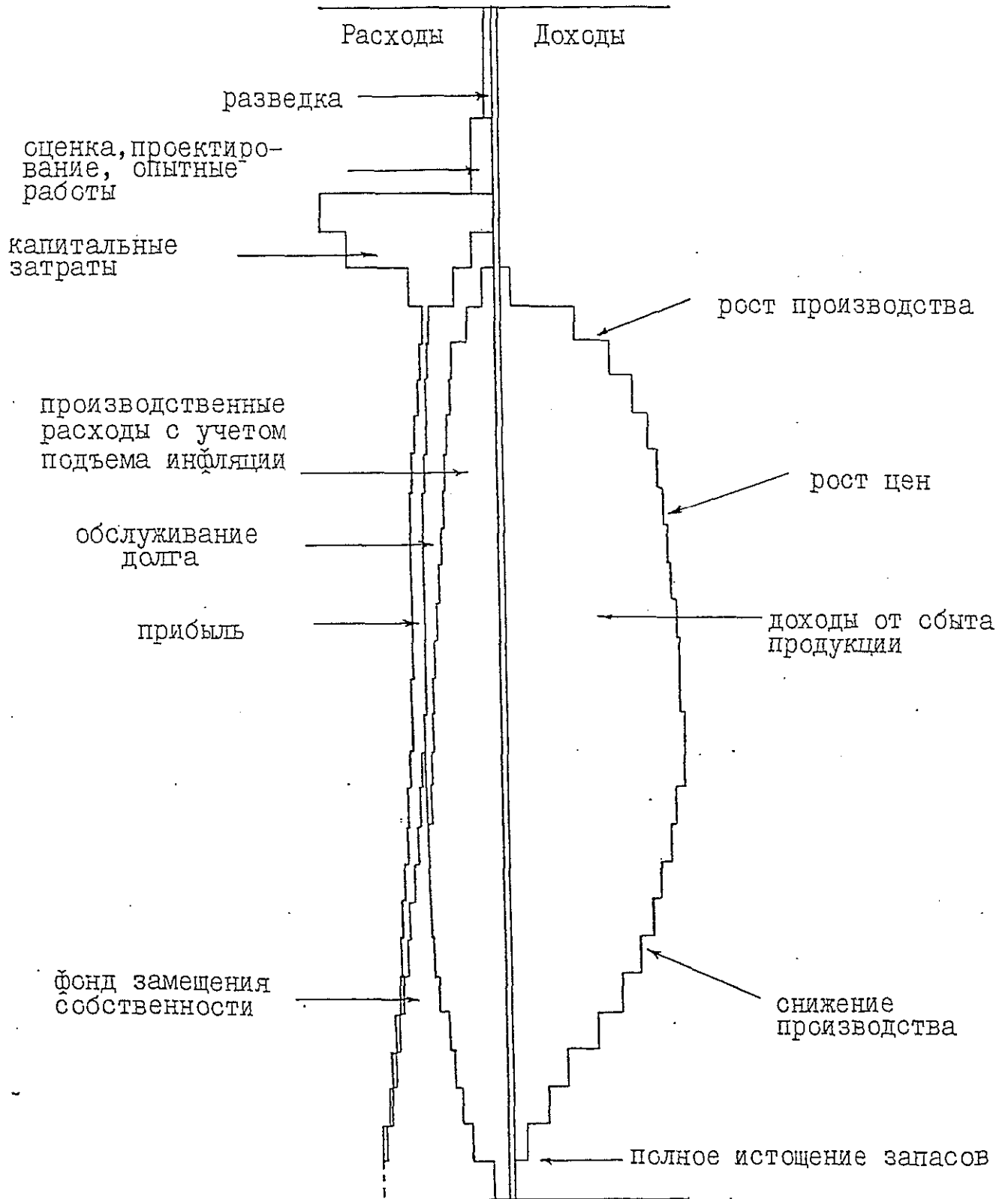
1. Доход = объем производства (т) x содержание x цена (долл/г)  
в расчете на добычу в 5-й год 450 000 т, а не 500 000 т
2. Производственные расходы = объем производства (т) x стоимость добычи и переработки 1 т (долл/т)  
в расчете на добычу 450000 т/год в последний год
3. Прибыль (валовая) = доход - производственные расходы
4. Налог за использование недр (роялти) = 4% от дохода (стоимости товарной продукции)
5. Капитальные затраты = стоимость строительства и оборудования
6. Амортизация (ежегодная скидка за износ оборудования) = рассчитывается по методу "прямой линии" на 5 лет (существуют и другие методы расчета для уменьшения налогообложения)
7. 50% налогооблагаемой прибыли = (прибыль - налог за использование недр - амортизационные отчисления) x 50%

Динамика изменения дохода, затрат и прибыли в период разработки месторождения

Экономические расчеты

Уильям Х. Деннен - Минеральные ресурсы

Модель дохода горнодобывающего предприятия





8. Скидка за истощение = (доход - налог за использование недр) x 10%
9. Ежегодное уменьшение стоимости объекта = (стоимость объекта) / кол-во лет до полного истощения

10. Выбор величины скидки	2,16		
(8) Скидка за истощение		выбираем меньшую величину	2,16
(7) 50% облагаемого налогом дохода, полученного в предыдущем году	2,95		
(10) Уменьшение стоимости объекта		0,04	выбираем большую величину

11. Налогооблагаемая прибыль =  
 = доход - производственные расходы - плата за использование недр - амортизационные отчисления - выбранная скидка за истощение

12. Убытки, переходящие на следующий год  
 - убытки переносятся, если доход отрицательный, т.е. производственные расходы превышают доход

13. Налог = 40% налогооблагаемой прибыли

14. Величина оборотного капитала обычно принимается равной величине производственных расходов за 2-3 месяца работы; учет этого показателя дает возможность ввести скидку за еще не полученный доход, который будет получен позднее. Это явление носит название "эффекта трубопровода".

Обратите внимание, что в 6-ой год производственные затраты возвращаются полностью, но появляются расходы в 1,5 млн долл на природовосстановительные работы

15. Денежный поток = прибыль - налог за использование недр - налоги - оборотный капитал

Обратите внимание, что в 6-й год оборотный капитал возвращается. Чистая современная стоимость, период возврата денег (долга) и внутренняя норма прибыли могут быть определены по таблице дисконтированного денежного потока.

NPV	Годы					
	1	2	3	4	5	6
Чистый денежный поток после уплаты процентов, налогов и роялти (NC)	5,72	9,60	8,60	8,60	7,91	2,38
Коэффициент дисконтирования (берется из таблиц для величины 20%)	0,8333	0,6944	0,5787	0,4923	0,4019	0,3349
Дисконтированный чистый денежный поток	4,77	6,67	4,98	4,15	3,18	0,80
				Σ = 23,85		

Чистая современная стоимость:  
 NPV (при 20%) = Σ (q<sup>-n</sup> NV) - капитальные затраты = 23,85 - 21,00  
 NPV = 2,85 млн долл

Налоги, выплачиваемые предприятием, ведущим открытую разработку  
месторождения золота (млн долл)

Примечания

	Г о д ы						
	-1	1	2	3	4	5	6
1. Доход (стоимость тов. продукции)	22,50	22,50	22,50	22,50	22,50	20,25	500000 x 4,0 x 11,25
2. Производственные расходы	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	10,35	500000 x 2,3,0
3. Прибыль	11,00	11,00	11,00	11,00	11,00	9,90	22,50 - 11,50
4. Налог за использование недр	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,81	22,5 (4%)
5. Капитальные затраты	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	4,20	21,0 : 5 лет
6. Амортизационные отчисления	2,95	2,95	2,95	2,95	2,95	2,44	(11,0-0,9-4,20) x 50%
7. 50% производственной прибыли	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	1,94	(22,5-0,90) x 10% (условно)
8. Скидка за истощение недр	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,2 : 5 лет
9. Уменьшение стоимости объекта	2,16	2,16	2,16	2,16	2,16	1,94	1-4 год: 2,95, 2,16, 0,04;
10. Выбор скидки	3,74	3,74	3,74	3,74	3,74	2,95	5-6 год: 2,45, 1,94, 0,04
11. Облагаемая налогом прибыль	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,18	22,50-11,50-0,90-4,20-2,16
12. Переходящий убыток	2,88					2,58	20,25-10,35-0,81-4,20-1,94
13. Налоги (на природовосстановление)	5,72	8,60	8,60	8,60	8,60	7,91	3,74 x 40%
14. Оборотный капитал	1,50	1,50	1,50	1,50	1,50	1,18	1 год: 11,5: 4 = 2,88
15. Денежный поток	5,72	8,60	8,60	8,60	8,60	7,91	5 год: 10,35:4 = 2,58
16. Суммарный денежный поток	(15,28)	(6,68)	1,92	1,92	10,52	18,43	11,0-0,9-1,5-2,88 = 5,72
						20,81	9,90-0,81-1,18 = 7,91

Период возврата денег (долга) рассчитывается по величине суммарного денежного потока. В конце 2-го года работы величина остаточного долга составит 6,68 млн долл. В 1-й и 3-й год величина денежного потока составит 8,60 млн/долл, и для выплаты оставшейся части долга потребуется еще  $6,68 / 8,60 = 0,78$  года. Т.е. долг будет окончательно выплачен за 3 месяца до конца 3-го года работы. Иными словами: период возврата долга равен 2,78 года.

Для случая с неравномерным распределением денежного потока по годам величина IRR рассчитывается следующим образом:

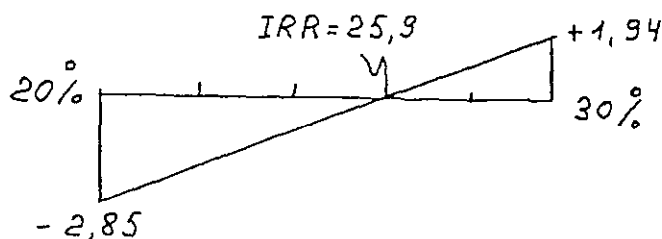
$$(\text{капитальные вложения}) = \sum (CF \times q^{-n})$$

В нашем случае величина IRR должна быть заключена между 20% и 30%. Рассчитываем ее по методу интерполяции, используя формулу:

$$\frac{\text{Капитальные затраты} - \text{DCF (30\%)}}{\text{DCF (20\%)} - \text{DCF (30\%)}} \times (30 - 20) =$$
$$= \frac{21 - 19,03}{23,85 - 19,03} \times 10 = 4,09$$

Результат ближе к 30%, т.е.  $IRR = 30 - 4,08 = 25,92\%$

Ту же величину можно определить графически:



### РЕКОНСТРУКЦИЯ ЗОЛОТОРУДНОГО ОБЪЕКТА

Ниже приводится пример предварительных расчетов, позволяющих определить производственные и экономические параметры, подлежащие учету при реконструкции или ремонте действующих рудников. Принимается, что срок эксплуатации рудника превышает 6 лет. Стоимость добычи выбрана на основе изучения опыта разработки месторождений на севере Канады. Исходя из средних показателей, размер банковского кредита выбираем равным 15 млн долл.

На данном примере будет показано, какие технические и коммерческие показатели следует учитывать при финансовом анализе проекта, который должен включать расчет дисконтированного денежного потока, чистой современной стоимости, внутренней нормы прибыли и периода окупаемости. Будет дано сравнение подобных проектов для случаев открытой и подземной разработки.

Расчеты выполнялись в апреле 1992 г.; в это время курс канадского доллара составлял: 1 канадский долл = 0,85 долл США, а цена на золото была 338 долл/унцию.

#### Выбор величины производственных расходов (долл США)

##### 1. Разработка открытым способом

Добыча — стоимость добычи в США составляла 0,93 долл США/т (1 долл/т) при мощности рудника около 10 тыс. т/день. Принимаем соответствующий показатель для российских рудников 2,00 долл/т для руды (около 2500 т/день) и 1,00 долл/т безрудных пород.

IRR (внутренняя норма прибыли)  
 $I - \text{капитальные затраты} = \sum (q^{-n} \text{ NC})$

Г о д ы

	-1	1	2	3	4	5	6	DCF
Чистый доход (NCF)	(21,00)	5,72	8,60	8,60	8,60	7,91	2,28	
Коэффициент дисконтирования (при 20%)		0,8333	0,6944	0,5767	0,4823	0,4019	0,3349	
Дисконтированный доход (DCF)	(21,00)	4,77	5,97	4,98	4,15	3,18	0,80	23,85
Коэффициент дисконтирования (при 30%)		0,7692	0,5917	0,4552	0,3501	0,2693	0,2072	
Дисконтированный доход (DCF)	(21,00)	4,40	5,09	3,91	3,01	2,13	0,49	19,03

При 20%:  $\sum (q^{-n} \text{ NC}) = 23,85$       21 - 23,85 = - 2,85

При 30%:  $\sum (q^{-n} \text{ NC}) = 19,03$       21 - 19,03 = + 1,97

Затраты на канадских рудниках

Стоимость добычи в карьере

Месторождение	Запасы (млн т)	Добыча руды (т/день)	Расходы (кан.долл/т)	Расходы (долл США/т)
Аякс	20	9 700	1,129	0,96
Икунти-Силвер	6	10 000	1,066	0,90
			Среднее:	0,93

Стоимость обогащения при открытой разработке

Месторождение	Мощность (т /день)	Содержание в добытой руде(г/т)*	Извлека- емость (%)	Стоимость	
				кан. долл	долл США
Ларон	2000	5,6	93,50	11,10	9,40
Голден Джаент	3200	12,4	96,50	9,97	8,44
Дойен	3150	6,5	95,0	8,87	7,51
Доум	3600	3,40	96,0	5,96	5,05
				Среднее:	7,60

Стоимость добычи подземным рудником

Месторождение	Запасы (млн т)	Содержание в недрах (г/т)	Добыча руды (т/день)	Стоимость добычи 1 т руды	
				кан. долл	долл США
Норлартик	0,64	3,8	1000	36,11	30,69
Баскет	3,91	7,8	1350	35,81	30,33
Кейс-Беради	1,90	7,5	1100	37,58	31,83
				Среднее :	30,92

Стоимость обогащения при подземном способе

Месторождение	Мощность обога- тельной фабрики (т/день)	Содержание в добытой руде (г/т)	Извлекае- мость (%)	Стоимость обога- щения 1 т руды	
				кан. долл	долл США
Тейбел	1000	6,0	90,4	11,10	9,40
Фердербер	1500	6,2	94,0	15,24	12,91
Баскет	1200	13,1	96,5	25,34	21,46
Кон	1200	10,3	95,0	16,30	13,81
Кейс-Беради	1100	8,0	87,3	11,83	10,02
				Среднее:	13,52

\* <Примечание. Содержание металла в руде, доставленной на обогатительную фабрику.>

Обогащение - затраты в США были 7,60 долл/т (при мощности 3000 т/день).  
 Принимаем соответствующий показатель в России 12 долл/т (при мощности 2500 т/день).

2. Разработка подземным способом

Добыча - стоимость в США - 30,92 долл/т при мощности рудника 1150 т/день. Принимаем соответствующий показатель в России равным 31 долл/т при мощности 1300 т/день.  
 Обогащение - стоимость в США - 13,52 долл/т при мощности 1200 т/день.  
 Соответствующий показатель для российских рудников - 15 долл/т при мощности 1200 т/день.

Факторы, повышающие стоимость:

- инфраструктура
- климатические условия
- строительство жилья для рабочих
- транспортные расходы и материалы

ПРИМЕРЫ ФИНАНСОВО-ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Подземная разработка месторождения золота  
Схема проекта разработки и оценки прибыли

(запасы руды и содержание металла округлены)

Рудные месторождения

1. Геологические запасы	Две линзы со средними содержаниями 7,6 г/т; жилы состоят из кварца (85%) и пирита (15%)	2,76 млн т
2. Размеры рудных тел	900 x 25 x 230 м, объемный вес 3,0 x 2	
3. Промышленные запасы	85% от 2,76 млн т	2,35 млн т
<u>Добыча руды</u>		
4. Содержание в руде	Обогащенных участков нет	7,5 г/т
5. Ежегодный уровень добычи	Рассчитывается для 6 лет работы рудника	390 000 т/год
6. Разубоживание при добыче	10% безрудных пород в контуре и по краям рудного тела	40000 т/г
7. Объем измельчаемых руды и породы	Предполагается полное отсутствие металла в породах	430 000 т/год
8. Разубоженное содержание	7,5 г/т (10%)	6,82 г/т
9. Потери при добыче	6,8 г/т (5%)	6,48 г/т
10. Отходы	Принимаем 2% от объема добычи Руда + порода	~ 10 000 т/г 1340 т/день

Обогащение

11. Исходное содержание	Содержание в сырье, попадающем на фабрику	6,48 г/т
12. Извлекаемое содержание	92% извлекаемость	5,96 г/т
13. Годовая производительность фабрики	В расчете на разубоженные руды	0,43 млн т
14. Извлекаемое золото	430000 т x 5,94 г/т	82 500 унц
15. Количество рабочих дней на фабрике	90% от 365 дней	328 дней
16. Суточная производительность фабрики	430 000 т / 328	1312 т/день
17. Общий объем перерабатываемых руды и породы	0,43 млн т/год x 6 лет	2,58 млн т
18. Общий объем руды и горных пород, направляемых в отвалы	(0,43+0,02) млн т/год x 6 лет	2,65 млн т
19. Срок эксплуатации рудника	2,35 млн т / 0,39 млн т/год	6 лет

Капитальные затраты и производственные расходы

		млн долл
20. Капитальные затраты (проектирование, покупка оборудования, строительство, управление)	Заем в банке	- 15 млн долл
ЕРСМ и комиссионные		1,00
Переоборудование или ремонт		10,00
Оборотный капитал	2 месяца	4,00
	Всего	15,00
21. Производственные расходы	В основу положены данные по Канаде на 1992 г.	долл/т
Добыча (руда + порода) 1340 т/день	3 рудника (1150+600 т/день)	
Обогащение 1312 т/день	- 30,90 долл/т	33,00
Природоохранные работы	6 рудников, 1200 т/день	
Накладные расходы 10%	- 13,50 долл/т	16,00
		0,50
		4,95
	Всего	54,45
	Округленно	55,00 долл/т
22. Производственные расходы в расчете на год	55 долл/т x 0,43 млн т	23,65 млн долл
Производственные расходы рудника на 1 унцию	23,65 млн долл/82500 унций	287 долл/унцию
23. Оборотный капитал	55 долл/т x 0,43 млн т	23,65 млн долл
Производственные расходы (годовые)		1,97 млн долл
Производственные расходы (ежемесячные)		3,94 млн долл
Производственные расходы (за 2 месяца)	Оборотный капитал	

24. Цена на золото и доход Извлекаемое содержание	5,96 г/т	-5%	9.4.1992	+5%	+10%	15%
Стоимость золота (долл/унцию)	321	338	355	372	390	
Стоимость золота (долл/г)	10,32	10,87	11,41	11,95	12,54	
Доход (долл/т)	61,51	64,79	68,00	71,22	74,74	
Доход (млн долл/год)	26,45	27,86	29,24	30,62	32,14	

25. Выплата долга за 3,5 года	1	2	3	4	Сумма
	Г О Д Ы				
15 млн долл при 10%					
Общая сумма	5,645	5,227	4,801	2,247	17,920
Выплаты в течение 3,5 лет:					
- основной долг	4,286	4,286	4,286	2,143	15,001
- проценты по долгу	1,359	0,941	0,515	0,104	2,919

26. Прибыль Стоимость золота -390 долл/унцию JUNE 1994

год	-1	1	2	3	4	5	6
Добыча руды (млн т)		0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Извлекаемое содержание (г/т)		5,96	5,96	5,96	5,96	5,96	5,96
Доход (млн долл)		32,14	32,14	32,14	32,14	32,14	32,14
Производственные расходы (млн долл)		23,65	23,65	23,65	23,65	23,65	23,65
Производственная прибыль (млн долл)		8,49	8,49	8,49	8,49	8,49	8,49
Процент по долгу (млн долл)		1,36	0,94	0,52	0,10	-	-
Денежный поток (NC) (млн долл)	(15)	4,29	4,29	4,29	2,14		
Суммарный денежный поток (млн долл)	(15)	2,84	3,26	3,68	6,25	8,49	8,49
Долг банку	(15)	(12,16)	(8,90)	(5,22)	1,03	9,52	18,01

27. Чистая современная стоимость (NPV) Учетная ставка 20%

год	1	2	3	4	5	6
Чистая прибыль до уплаты налогов	2,84	3,26	3,68	6,25	8,49	8,49
Коэффициент дисконтирования (20%)	0,8333	0,6944	0,5787	0,4823	0,4019	0,334
Дисконтированный денежный поток (DCF)	2,37	2,26	2,13	3,01	3,41	2,84
						Σ = 16,02

$$NPV (20\%) = \sum (q^{-n} NC) - \text{капитальные затраты} = 16,02 - 15 = 1,02$$

$$NPV = +1,02 \text{ млн долл.}$$



28. Период окупаемости. Рассчитывается из суммарной прибыли. В конце 3-го года работы остаток долга составляет 5.22 млн долл. Т.к. в 4-й год будет получена прибыль 6.25 млн долл, то для погашения долга потребуется часть 4-го года:  $5.22 \div 6.25 = 0.84 \approx 10 \text{ м.}$

Таким образом, период окупаемости равен 3 года.10 м.

29. Внутренняя норма прибыли

Годы	-1	1	2	3	4	5	6
Чистая прибыль (НС)	(15)	2.84	3.26	3.68	6.25	8.49	8.49
Кoeffициент дисконтирования (20%)		0,8333	0,6944	0,5787	0,4823	0,4019	0,3349
Дисконтированный денежный поток (DCF)		2,37	2,26	2,13	3,01	3,41	2,84
							$\Sigma 16.02$
Кoeffициент дисконтирования (30%)		0,7692	0,5917	0,4552	0,3506	0,2693	0,2072
Дисконтированный денежный поток (DCF)		2,18	1,93	1,68	2,19	2,29	1,76
							$\Sigma 12.03$

$$DCF = (\text{капитальные затраты}) - \sum (q^{-n} \text{НС})$$

$$20\% \quad 15 - 16.02 = -1.02$$

$$30\% \quad 15 - 12.03 = +2.97$$

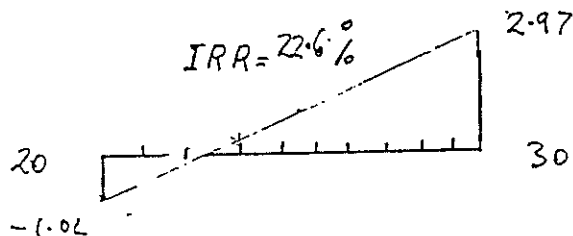
Таким образом, внутренняя норма прибыли заключена между 20% и 30%.

$$\frac{(\text{капитальные затраты}) - DCF (30\%)}{DCF (20\%) - DCF (30\%)} \times (30 - 20) =$$

Интерполируем:

$$\frac{15 - 12.03}{16.02 - 12.03} \times 10 = \frac{2.97}{3.99} \times 10 = 7.4$$

Разница ближе к IRR (20%), т.е. IRR = 30 - 7.4 = 22.6  
Используя графический метод, получаем



Примечания

к проекту подземной разработки золоторудного месторождения

1-2. Геологические запасы. Месторождение включает многочисленные кварц-сульфидные жилы. Содержание золота 7,5 г/т выбрано как среднее для канадских золоторудных месторождений, разрабатываемых подземным способом.

3. Принимается, что до 15% запасов руды извлекать экономически нецелесообразно.

4. Принимается, что в остальной части месторождения обогащенные участки отсутствуют (очень консервативное предположение).

5. Предполагается, что разведанных запасов руды достаточно на 6 лет эксплуатации рудника. На канадских золотых рудниках запасов, как правило, хватает менее чем на 5 лет работы.

6. Разубоживание при добыче составляет 10% из-за безрудных участков в контуре и по периферии рудного тела.

7. С учетом разубоживания при добыче объем поступающей на обогащение горной массы (руда + горная порода) составляет 430000 т/год.

8. Разубоженное содержание в извлеченной горной массе исчисляется в расчете на полное отсутствие золота в безрудных участках (очень осторожное предположение).

9. Потери на руднике (при добыче и транспортировке) оцениваются в 5%.

10. Объем безрудных пород, отправленных в отвалы, составит 2% от объема руды, т.е. 10000 т/день.

11. Содержания золота в горной массе, попадающей на фабрику, принимаются равными 6,48 г/т (очень осторожное предположение).

12. Коэффициент извлечения 92% вполне реален; средний показатель по шести канадским золотым рудникам составляет 92,9%.

13. Ежегодный объем разубоженных руд, перерабатываемых фабрикой, составляет 430000 т при содержаниях 5,96 г/т.

14. Количество получаемого золота - 2,5 т (82500 унций).

15. Обогащительная фабрика работает 90% дней в году.

16. Суточная производительность фабрики 1300 т/день сопоставима с показателями канадских золотых рудников.

17-18. Рудник и участок на поверхности должны быть спланированы так, чтобы можно было разместить в течение 6 лет 2,6 млн т хвостов и пустой породы за вычетом объема материала, используемого для закладки выработанного пространства.

19. Срок эксплуатации рудника - 6 лет; эту цифру трудно подтвердить на основе разведанных запасов.

20. Капитальные затраты. Банковский кредит должен включать оборотный капитал ("эффект трубопровода" должен быть уменьшен до 2 месяцев), 10 млн долл на переоборудование, природовосстановление и т.д.

21. Производственные расходы. Затраты на добычу и переработку основаны на соответствующих показателях канадских рудников, где в расходы на добычу включается стоимость извлечения и породы и руды. Используемые в расчете значения этих показателей превосходят канадские на 10%.

22. Стоимость производства 1 унции золота - 287 долл.

23. Оборотный капитал рассчитывается, как производственные расходы за 2 месяца, однако действующие рудники должны обеспечивать более короткий "период запаздывания".

24. Использована базовая цена на золото - 338 долл/унция.

Выбранные показатели рудника дают отрицательное значение чистой современной стоимости (NPV) при 20%-ной учетной ставке дисконтирования.

Открытая разработка месторождения золота

Оценка прибыли

(тоннаж руды и содержание металла округлены)

Рудное месторождение

1. Геологические запасы	6,0 млн т при 4,7 г/т	6,0 млн т
2. Размеры рудного тела	500 x 35 x 150 м	6,0 млн т
	Объемный вес частично окисленных руд - 2,3 т/м <sup>3</sup>	
3. Промышленные запасы	Извлекаемыми являются 85% от запасов в 6 млн т	5,1 млн т

Добыча руды

4. Содержания в руде	Обогащенных участков нет	4,7 г/т
5. Ежегодный уровень добычи без учета разубоживания	Оценивается для 7 лет эксплуатации рудника	730 000 т/год
6. Разубоживание при добыче	15% безрудных пород в контурах и по периферии рудного тела	110 000 т/год
7. Объем измельченных руды и породы	Предполагается полное отсутствие золота в безрудных породах	840 000 т/год
8. "Разубоженное" содержание	4,7 г/т (15%)	4,1 г/т
9. Потери при добыче	4,1 г/т (7)	3,8 г/т
10. Безрудные породы, направленные в отвалы	порода:руда = 4:1	3,36 млн т/год

Обогащение

11. Исходное содержание	Содержание в горной массе, попадающей на фабрику	3,8 г/т
12. Извлекаемое содержание	Извлекаемость 90%	3,4 г/т
13. Годовая производительность фабрики	Руда и порода	840 000 т
14. Извлекаемое золото	840 000 т x 3,4 г/т	2,856 т
15. Количество рабочих дней в году на фабрике	90% от 365 дней	92 000 унц 328 дней
16. Суточная производительность обогатительной фабрики	840 000 т / 328 дней	2560 т/день
17. Общий объем перерабатываемой руды	Срок эксплуатации рудника - 5 лет	5,9 млн т
18. Срок эксплуатации рудника	5,1 / 0,73	7 лет

Капитальные затраты и производственные расходы

19. Капитальные затраты	Заем в банке - 15 млн долл	млн долл
ЕРСМ и комиссионные		1,0
Переоборудование или ремонт		10,0
Оборотный капитал	В расчете на 2 месяца (см. п.22)	4,00

Всего: 15 млн долл

20. Производственные расходы	В основу положены данные по Канаде за 1992 г.	долл/т
Добыча руды	840 000 т при 2 долл/т	2,00
Удаление пустой породы	3360 000 т при 1 долл/т руды	4,00
Обогащение	840 000 т	15,00
Природоохранные мероприятия		0,50
Накладные расходы	10%	2,1
		Всего: 23,65

С учетом климатических условий и других проблем 25,00 долл/т

21. Производственные расходы в расчете на год	25 долл/т x 840 000 т	21,00 млн долл
Производственные расходы на 1 унцию	21,00 млн долл/92 000 унц	228 долл/унц
22. Оборотный капитал		
Производственные расходы за год	25 долл/т x 840 000 т	21,00 млн долл
Производственные расходы в месяц		1,75 млн долл
Производственные расходы за 2 месяца	Оборотный капитал (см. п-20)	3,50 млн долл
23. Стоимость золота и доход	-5% 9.4.1992 +5%	10%

Цена на золото (долл/унцию)	321,00	338,00	355,00	372,00
Цена на золото (долл/г)	10,32	10,87	11,41	11,96
Доход (долл/т руды при извлекаемом содержании 3,42 г/т)	35,29	37,17	30,93	40,89
Доход (млн долл/год)	29,65	31,22	32,78	34,34

24. Расчеты по долгам за 3,5 года

год	1	2	3	4	Сумма
Общая сумма выплат 15 млн долл при 10%					
Выплаты в течение 3,5 лет:	5,645	5,227	4,801	2,247	17,920
Основной долг	4,286	4,286	4,286	2,143	15,000
Проценты	1,359	0,941	0,515	0,104	2,919

Выплаты долга за 4 года  
Таблица Хьюлетт-Паккарда для определения выплат долга в течение 4 лет

Год	1	2	3	4	Сумма, млн долл
Остаток	15,000	11,768	8,213	4,302	
Общая сумма	4,732	4,732	4,732	4,732	18,928
Основной долг	3,232	3,555	3,911	4,302	15,000
Проценты	1,500	1,177	0,821	0,430	3,928

25. Прибыль

Цена на золото 338 долл/унцию

год	-1	1	2	3	4	5	6
Добыча (млн т)		0,84	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
Извлекаемые содержания (г/т)		3,42	3,42	3,42	3,42	3,42	3,42
Доход (млн долл)		31,22	31,22	31,22	31,22	31,22	31,22
Производственные расходы (млн долл)		21,00	21,00	21,00	21,00	21,00	21,00
Производственная прибыль (млн долл)		10,22	10,22	10,22	10,22	10,22	10,22
Выплаты процентов (млн долл)							
Банк loan (15)		1,36	0,94	0,52	0,10	-	-
Денежный поток, NC (15)		4,29	4,29	4,29	2,14		
(млн долл)	(15)	4,57	4,99	5,41	7,98	10,22	10,22
Суммарный денежный поток (млн долл)	(15)	(10,43)	(5,44)	(0,03)	7,95	18,17	28,39
Долг банку							

< Примечание: В скобках показана отрицательная величина >

26. Чистая современная стоимость NPV

Учетная ставка 20%

год	1	2	3	4	5	6
Чистый денежный поток (NC)	4,57	4,99	5,41	7,98	10,22	10,22
Коэффициент дисконтирования	0,8333	0,6944	0,5787	0,4823	0,4019	0,3349
Дисконтированный денежный поток (DCF)	3,81	3,47	3,13	3,85	4,11	3,42
						$\Sigma$ 21,79

NPV (20%) =  $\Sigma (q^{-n} NC) - (\text{капитальные затраты}) = 21,79 - 15$   
 NPV = 6,79 млн долл.

27. Период окупаемости. Рассчитывается на основе суммарного денежного потока. В конце 3-го года работы остаток долга равен 0,03 млн долл. Т.к. в конце 4-го года работы чистый денежный поток составит 7,98 млн долл, то для покрытия остатка долга потребуется только часть 4-го года:  $0,03 \div 7,98 = 0,004$ . Таким образом, выплата долга будет завершена на 4-й год и период окупаемости равен 3 года + 1 мес.

28. Внутренняя норма прибыли (IRR)

Год	-1	1	2	3	4	5	6	$\Sigma$	DCF
NC (чистый денежный поток)	(15)	4,57	4,99	5,41	7,98	10,22	10,22		
30%		0,7692	0,5917	0,4552	0,3501	0,2693	0,2072		
DCF (дисконтированный денежный поток)	(15)	3,57	2,95	2,46	2,79	2,75	2,12	$\Sigma$ 16,64	
40%		0,7143	0,5112	0,3644	0,2603	0,1859	0,1328		
DCF (дисконтированный денежный поток)	(15)	3,26	2,55	1,97	2,08	1,90	1,36	$\Sigma$ 13,12	

(Капитальные затраты) -  $\sum (q^{-n} NC)$

20%	15 - 21.70 = -6.79
30%	15 - 16.64 = -1.64
40%	15 - 13.12 = +1.88

IRR 30%  $\wedge$  40%

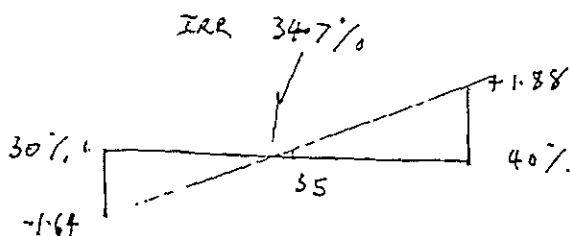
$$\frac{\text{Capex} - \text{DCF}(40\%)}{\text{DCF}(30\%) - \text{DCF}(40\%)} \times 40 - 30$$

$$= \frac{15 - 13.12}{16.64 - 13.12} \times 10 = 5.3$$

Diff. closer IRR 30%

i.e. 40 - 5.3

$$= 34.7\% \text{ IRR}$$



### Примечания

#### к проекту открытой разработки золоторудного месторождения

1. Запасы и содержания аналогичны средним цифрам по мелким и средним рудникам.
2. Геологические запасы составляют 6 млн т. Величина объемного веса 2,3 может быстро возрасти до 2,7 с углублением под зону окисления. Поэтому оценка запасов очень консервативная.
3. Уменьшение геологических запасов на 15%.
4. Содержания в руде. Обычно содержания в добываемой руде превышают показатели, использованные при подсчете запасов, но в данном случае содержание оставлено неизменным.
5. Ежегодный уровень добычи руды (без учета разубоживания) в течение не менее 7 лет работы рудника:  $5,1/0,73 = 6,98$  года.
6. Разубоживание при добыче. Рассчитывается при 15% безрудных пород в контуре и по периферии рудного тела.

$$0,73 + 0,11 (15\%) = 0,84 \text{ млн т/год}$$

7. Ежегодный объем измельченной горной массы (руда и горная порода) 840 000 т.
8. "Разубоженное" содержание. Подразумевается, что безрудные породы совсем не содержат золота. Это маловероятно, поэтому оценка разубоженного содержания очень консервативна:  
 $4,7 - 0,61 (0,15) = 4,09 \text{ г/т}$
9. Потери при добыче. Потери в карьере, на технологических трассах и т.д.  
 $4,09 - 0,29 (72) = 3,8 \text{ г/т}$
10. Удаление безрудных пород. Отношение порода : руда = 4 : 1;  
3,36 млн т при 1 долл/т руды соответствует 4 долл за 1 т руды.  
(0,84 x 4 = 3,36 млн т) (В производственные расходы на добычу 1 т руды будет включена сумма 4 + 2 = 6 долл/т руды).
11. Содержание в руде, поступающей на фабрику - 3,8 г/т.
12. Извлекаемое содержание. На канадских золото-сульфидных месторождениях извлечение достигает 95%. В нашем случае предполагаются оксидно-сульфидные руды и извлечение 90%, т.е. извлекаемое содержание - 3,42 г/т.
13. Годовая производительность фабрики - 840 000 т.
14. Количество извлекаемого золота:  $840\ 000 \text{ т} \times 3,42 \text{ г/т} = 2,872 \text{ т}$  или 92 000 унций.

15. Предполагается работа фабрики в течение 90% дней года , т.е. 328 дней.
16. Суточная производительность фабрики:  $840\ 000/328 = 2560$  т.
17. Объем материала, попадающего в отвалы и хвостохранилища. Принимается отношение "порода / руда", равное 4 : 1.  
Безрудные породы:  $0,84$  млн т x 4 x 7 лет = 23,5 млн т.  
Возможно использование для засыпки карьера.  
Хвосты:  $0,84$  млн т x 7 лет = 5,9 млн т.
18. Продолжительность работы рудника  $5,1/0,73 = 7$  лет. Долг банку будет выплачиваться в течение 3,5 лет и после этого добыча будет продолжаться еще 3,5 года.
19. Капитальные затраты - банковский кредит. На стадии оценки проекта принимается величина кредита, равная 15 млн долл

	млн долл
ЕРСМ/комиссионные	1,00
Переоборудование и ремонт	10,00
Оборотный капитал	4,00
	<hr/>
	15,00

20. Производственные расходы.  
Рассчитаны на основе данных по Канаде за 1992 г.  
(1 кан.долл = 0,847 долл США на 15.4.92 г.)  
Стоимость добычи (порода : руда = 4 : 1) - 6,00 долл/т.  
Стоимость добычи устанавливается суммированием 2 долл/т за разубоженную руду и 1 долл/т породы (порода : руда = 4:1), т.е. 4 долл/т руды.  
Стоимость обогащения принимается равной 7,60 кан.долл/т (3000 т/день). С учетом сульфидно-оксидного состава руд - 15 долл/т.  
Расходы на природовосстановительные работы - 0,5 долл/т.  
Накладные расходы 10% - 2,15 долл/т  

---

Округленно производственные расходы принимаются 23,65  
25 долл/т.

21. Производственные расходы за год:  
 $25$  долл/т x  $0,84$  млн т = 21 млн долл  
Это соответствует 228 долл/унцию золота.
22. Оборотный капитал - производственные расходы за 2 месяца 3,50 млн долл.
23. Стоимость золота и доход.  
Базовая цена на золото - 338 долл/унцию на 09.04.92 г.  
Рассчитывается доход от 1 т руды с учетом возможного снижения (- 5 %) и повышения (+ 5% и +10%) цены на металл.
24. Выплата долга.  
15 млн долл долга при учетной ставке 10% можно вернуть за 3,5 года.
25. Прибыль, рассчитанная при базовой цене на металл. Величина прибыли показывает, что проект достоин более детального экономического рассмотрения. В проекте не предусматриваются никакие льготы по налогам, корректировки величины оборотного капитала, не учитываются затраты на закрытие рудника или перенос фабрики. Проект рассчитан на 6 лет.

## ПРЕДВАРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

### Введение

Промышленная разработка месторождений требует инвестиций. Следовательно, необходимо убедить инвестора, что производство товарной продукции технически возможно и экономически выгодно. Эту цель и преследуют оценочные исследования.

Еще 30 лет назад новые месторождения осваивались за счет собственных прибылей корпораций. Они же осуществляли все технические и экономические расчеты, не соблюдая никаких стандартов.

В настоящее время освоение многих рудных месторождений требует таких капитальных затрат, которые уже не под силу отдельной компании. Вместе с тем, из-за высокого риска в горнодобывающей промышленности внешнее финансирование можно получить только после тщательного финансового анализа.

Необходимость внешнего финансирования выдвигает требование, которым должны отвечать оценочные исследования. Они должны учитывать все аспекты освоения месторождения и выполняться не компанией, готовящейся начать разработку месторождения, а сторонними независимыми организациями, способными на достаточном уровне компетентности оценить проект.

### Компоненты исследования

#### Общие сведения

На стадии оценки должна быть получена полная информация о проекте, включая сведения о том, где расположено месторождение, чьей собственностью является, какова степень его разведанности, как предполагается вести разработку и каковы будут затраты и доходы.

#### Горный отвод и история

Подразумевается, что должны быть определены:

- налог на использование недр или платежи, выплачиваемые владельцу, не участвующему в разработке месторождения;
- налоги, которые должны уплатить компании, приобретающие участок;
- суммы налогов, уплачиваемых компанией, и их распределение;
- размер платы за использование недр или компенсаций, которые должны выплачиваться предыдущему владельцу по условиям сделки;
- уже понесенные затраты, которые могут составить значительные суммы и компенсировать налоги;
- права на водные ресурсы и почву, предусмотренные сделкой.

#### Исследование рынка и цен

Стоимость готовой продукции обычно является важнейшим показателем, используемым при оценочных исследованиях.

Изучение рынка имеет важное значение для производства большинства видов продукции. В рамках оценочных исследований должно быть выяснено, от чего зависит цена на продукцию, будущий спрос на нее, предложение, стоимость ее транспортировки и политика правительства, которая также оказывает влияние на рынок.

Очень часто при определении будущей цены на продукцию используется текущая цена. Однако, рассчитывать будущую прибыль на основе сегодняшней цены на металл очень опасно. Требуется тщательный анализ спроса и предложения.

Выбор продажной цены важен также при определении некоторых физических параметров проекта, в частности бортового содержания.

Важное значение, особенно для промышленных полезных ископаемых имеет оценка масштабов рынка сбыта и его динамики. Если рынок контролируется ограниченным числом компаний, то будут публиковаться номинальные уровни цен, а реальные продажные цены установить трудно.



## Геология и геологические запасы.

Фундаментальным показателем являются запасы руд. В каждом новом горнорудном проекте успех инвестиций зависит от того, существуют ли в действительности заявленные запасы. Кроме того, важно составить правильное представление об этих запасах. Сведения о величине запасов и содержаниях полезных компонентов основываются на геологической модели рудообразования и распределения руд, а также изучении керн скважин, взятии проб из штольни и др. выработок, которые представляют небольшие участки целого месторождения.

Опробование по своей природе представляет статистическую процедуру, так же, как и подсчет запасов. Надежность - свойство не всегда присущее подсчету запасов; в этом и заключена причина технического риска, заложенного в новом горнорудном проекте.

### Геологическая модель

У геолога должно быть четкое представление о том, какие геологические процессы контролировали рудоотложение и от чего зависело распределение рудной минерализации.

Для большинства месторождений можно установить процессы, влияющие на рудообразование, но что касается представлений о распределении минерализации, то они в значительной степени являются результатом геологической интерпретации. Сгущением сети опробования можно обеспечить достаточную достоверность подсчета запасов в целом, но надежность подсчета запасов в пределах локальных участков (блоков) всегда немного ниже.

Ошибки при определении локальных (в отдельных блоках) запасов могут оказаться не столь уж важными при объемной отработке, но они очень сильно проявятся при селективной разработке.

Все оценки запасов основываются на геологической модели, и до начала промышленной разработки они являются только рабочей гипотезой. Поэтому задачей оценочных исследований является описание геологической модели и оценка надежности ее интерпретации.

### Подсчет геологических запасов

Основным допущением при любом подсчете запасов является то, что среднее содержание компонентов в пробах представляет собой и среднее содержание *in situ* на месторождении. Количественно определить достоверность запасов не представляется возможным, поэтому используются качественные понятия, такие как "доказанные", "вероятные", "возможные" в применении к характеристике запасов. <Примечание: Приблизительным эквивалентом этих понятий в отечественной литературе являются категории разведанных запасов А, В, С1.>

При использовании классической процедуры определения объема, на который могут распространяться данные конкретной пробы, легко допустить ошибку. Поэтому, критическое значение приобретает выбор такого пространства. Отбрасывая высокие значения содержаний при подсчете запасов на месторождениях с большими объемами руд и низкими концентрациями (например, золота), мы тем самым уменьшаем влияние реально существующих проб с высокими содержаниями компонентов. Оценить ошибку при этом сложно.

В настоящее время для оценки геологических запасов используются более совершенные геостатистические методы, которые обеспечивают количественную меру оценки. Например, они позволяют установить, что содержания Zn в руде в недрах составляют 10% при 90%-ной вероятности, что среднее содержание заключено между 8,5% и 11,5% Zn. Это и есть оценка заложенного в проект риска, связанного с подсчетом запасов.

### Бортовое содержание

Экономическая теория и принцип сбережения ресурсов гласят, что добыча будет продолжаться до тех пор, пока последняя добытая тонна руды даст доход, достаточный для покрытия расходов на добычу. Содержание в этой последней тонне и является бортовым.

Расчет бортового содержания требует учета таких факторов как, стоимость руды, производственные расходы, извлекаемость при металлургическом переделе. Бортовые содержания периодически пересматриваются.

Если изменяется бортовое содержание, надо пересчитывать и запасы. Если запасы существенно изменяются, необходимо повторно рассчитать производственные расходы и пересмотреть методы разработки. После этого вновь может потребоваться изменение величины бортового содержания и т.д. Выбор бортового содержания, таким образом, представляет собой многократно повторяющийся процесс.

### Добыча полезного ископаемого

#### Промышленные запасы

Промышленные запасы рассчитываются на основе данных о геологических запасах; определяемых как "доказанные" и "вероятные".

Часть геологических запасов будет оставлена в недрах; вместе с тем, часть безрудных пород неизбежно будет извлечена вместе с рудой. При определении промышленных запасов на основе геологических следует учитывать и неизвлекаемую руду и разубоживание пустой породы.

Основными экономическими показателями рудника являются расходы, которые определяются количеством добытой и переработанной руды и доходы, которые зависят от количества полученного металла.

Эти два фактора, доходы и расходы, связаны между собой через качество руды - один из наиболее важных показателей, определяющих прибыльность предприятия.

Важным фактором является разубоживание, учет которого необходим при выборе способа отработки.

Самый дешевый метод отработки может оказаться не лучшим, т.к. более дорогой метод, сопряженный с меньшим разубоживанием, может дать самую высокую прибыль. Коэффициент разубоживания иногда недостаточно серьезно воспринимается инвесторами - это грубая ошибка.

Эмпирическое правило гласит, что при определении запасов тел сложной полигональной формы разубоживание вызывается добавлением в руду пустых пород, слагающих пространство на 0,4 и со стороны висячего бока и на 0,2 и со стороны лежащего бока от жилы или пространство между контурами рудного тела и известной ослабленной плоскостью. Однако, иногда разубоживание устанавливается произвольно в процентах от запасов руды в недрах.

При компьютеризированном подсчете запасов с использованием геостатистических методов месторождение подразделяется на блоки. Это требует усреднения данных опробования на всю рабочую мощность или высоту уступов. В этих методах присутствует внутреннее разубоживание, однако, необходимо учитывать и безрудные породы из пограничных зон.

#### Проектирование рудника

На оценочной стадии должны быть решены вопросы выбора между карьером и подземными выработками, между шахтой и наклонным стволом и др. Над проектированием рудника должны работать в тесном сотрудничестве владельцы объекта и проектная фирма.

Карьеры в настоящее время проектируются с помощью компьютера. Владелец объекта выполняет проект, учитывая данные бурения, используя разрезы, моделируя блоки и оценивая запасы. Задачей инженера является проверить оценку запасов и проект рудника.

Существует четыре основных подхода к решению этой задачи:

- Владелец объекта продолжает тесно сотрудничать с инженером;

выполнявшим исследования на стадии, предшествовавшей оценочной.

- Используя совместимые компьютерные системы, инженер может ввести данные и работать с ними.

- В качестве средства проверки всех данных инженер использует данные контрольного бурения.

- Если запасы подсчитаны методом многоугольников ("ближайшего района"), то их можно совместить с контурами карьера и разрезами, и с помощью компьютерной графики или вручную можно подсчитать извлекаемые запасы в тоннах или единицах объема.

Физические параметры проекта определяются гидрогеологическими и горно-техническими условиями, которые, в свою очередь, связаны с выбором оборудования. По всем этим вопросам должны быть подготовлены независимые отчеты, представляемые в банк, дающий кредит. Выбор оборудования и оценка затрат основываются на величинах расстояний в плане и профиле откатки.

Что касается подземных рудников, то при проектировании сложных структур также используется компьютерное моделирование. Оно используется совместно с обычной моделью, чтобы разработать многослойную твердую модель (система "Lynx"), расчленить ячейки модели на субячейки по определенным границам ("Datamine"), определить искомые блоки ("Medsystem").

### Капитальные затраты

К подготовке месторождения к разработке подземным способом, обустройству и строительству карьера до начала вскрыши привлекаются различные подрядчики. Необходимо разработать детальный график работ.

На оценочной стадии будут проводиться пробная отработка и отбор крупнообъемных проб. Кроме того, будут получены данные о водопитоке и необходимости крепления выработок. Но даже технологические пробы и пробная разработка могут не дать полной картины месторождения. Поэтому, в расходах следует предусмотреть дополнительно 15% от стоимости затрат на возведение подземных сооружений, но без учета стоимости оборудования.

### Производственные расходы

Расчету производственных расходов предшествуют составление схем и планов, выбор оборудования, составление календарных планов, штатных расписаний. Особой задачей является согласование планов.

Большую помощь оказывают развернутые схемы проведения работ, Библиотеки цен, расчет количества часов работы оборудования в год и величины расходов.

Расчет затрат производится по-разному для различных случаев:

- на небольших золотых рудниках зарплата персонала составляет 70% от производственных расходов, причем более 1/3 от стоимости рабочей силы могут составлять разного рода выплаты и поощрения;

- в случае крупных карьеров общая стоимость рабочей силы может быть менее 40%; но зачастую для оборудования и автомобильные покрывки могут составить до 30% производственных расходов.

### Перерабатывающее предприятие

#### Технологическое опробование и опытные работы

Почти все типы руд требуют обогащения, предшествующего перевозке и продаже. Руды цветных металлов, к примеру, меди, обычно обогащаются флотацией с получением концентрата, содержащего 6,5%-30% меди. Другие руды перерабатываются на основе гидрометаллургической технологии, когда металл выщелачивается, а затем осаждается из раствора. Золотые руды перерабатываются путем выщелачивания в цианидах и осаждения с помощью активированного угля. В случае урана используются выщелачивание кислотами, экстракция растворителя и осаждение.

Поскольку технологии обогащения становятся все более сложными, возрастает вероятность, что обогатительная фабрика не сможет перерабатывать какой-то вид сырья или что для организации его переработки потребуется длительное время. С экономической точки зрения, эти трудности могут оказаться роковыми для проекта. Единственный способ снизить риск - отобрать пробы, провести технологические испытания, хорошо спроектировать фабрику и отработать технологию.

### Отбор проб

В отборе проб совместно принимают участие геолог, горный инженер и обогатитель.

Технологическая проба - это нечто более, чем просто предварительная проба руды; это - зеркало, в котором должно отразиться и внутреннее разубоживание и примесь безрудных пород и изменение минерального состава руды по латерали и с глубиной.

Часто упускаются из вида следующие факторы:

- сульфидные руды подвержены окислению; в период массовой и быстрой переработки руд это не играет особой роли, но при опробовании и технологических испытаниях последствия такого окисления могут быть катастрофическими. Возможно, потребуется охлаждение руды в пробе;

- полуавтогенное истирание - обычный сравнительно дешевый метод. Для его применения требуется наличие более крупных кусков среди более мелких частиц. Не следует забывать, что руды в технологической пробе обычно более трещиноватые и мелкообломочные по сравнению с теми, которые будут добываться при массовом производстве;

- пробы могут быть загрязнены дизельным топливом и др. веществами, которые могут повлиять на извлечение металла.

### Технологические испытания

Для новых месторождений и новых процессов обязательным является проведение опытных работ на фабрике. Полуавтогенное истирание обычно требует пробы весом 30 т, а производительность оборудования - 1 т/час. Процесс, использующий выщелачивание золота и поглощение его активированным углем, требует для испытания пробу около 500 кг, а производительность оборудования 2 кг/час.

Возможно повторное использование вод, с которыми удаляются хвосты обогатительной фабрики. Необходимо тщательно изучить возможности извлечения реагентов и растворенных солей из технологических вод, поскольку они могут серьезно повлиять на работу фабрики.

### Проектирование обогатительной фабрики

На основе результатов оценочных исследований технологи должны выбрать основные параметры проекта. Первым и наиболее трудным является вопрос о мощности будущего производства, т.е. будет ли производиться 1 млн, 1,5 млн или 10 млн т продукции в год.

Оптимальная величина годовой производительности зависит от размера рудного тела, расходов на подготовку и добычу, а также спроса на сырье. Годовая производительность зачастую устанавливается по продолжительности работы рудника до иссякания запасов, скажем, 5 - 15 лет.

Другим важным показателем является загруженность предприятия. Проектируемый уровень производства должен составлять 85-95% его возможностей. Предприятию требуется периодический ремонт, в том числе капитальный; зачастую возникают энергетические и другие производственные проблемы.

С точки зрения технологии важны такие показатели, как среднее содержание в руде и диапазон его возможных колебаний. Целесообразнее всего было бы проектировать фабрику в расчете на максимальное возможное содержание металла.

Технологические испытания показывают, каким должен быть проектный уровень извлечения металла в концентрат. Этот уровень очень важен, т.к.

коэффициент извлечения будет фигурировать в расчете прибыли.

Проектные показатели будут использоваться для расчета потребностей в материалах и оборудовании и должны быть отражены на технологических схемах. Эти материалы должны стать отправной точкой при планировании обогатительной фабрики, трубопроводов, электрических сетей, зданий, оборудования. Проектирование перерабатывающего предприятия - это на 75% оценочные исследования.

Капитальные затраты на строительство  
перерабатывающего предприятия

В оценочных исследованиях предусматриваются следующие позиции:

- Гражданское строительство: количественные оценки объемов и норм затрат на единицу для таких видов работ, как расчистка участка, корчевка леса, рытье и засыпка котлованов, бетонирование. Очень важно также найти хороших подрядчиков. Недооценка затрат на закладку фундамента - обычная причина последующих перерасходов капитальных вложений.

- Строительные стальные конструкции: детальные расчеты потребностей и стоимость контрактов на поставку и монтаж.

- Расходы на приобретение оборудования: расценки, полученные от поставщиков с указанием детальных технических спецификаций и сроков поставки, а также расходов на перевозку оборудования. Иногда для уменьшения капитальных затрат рекомендуется устанавливать подержанное оборудование. Однако, такая экономия прямых затрат чревата в будущем затратами на ремонт или задержкой пуска предприятия. На оценочной стадии этому вопросу должен быть посвящен специальный отчет.

- Расходы на монтаж оборудования рассчитываются из затрат рабочего времени на монтаж и стоимости рабочей силы, которая должна включать как прямую зарплату, так и оплату за удлиненный рабочий день, непосредственное руководство работами, время подвезда до рабочего места, дотации на питание, начисления подрядчикам.

- Стоимость рабочей силы, закладываемая в аналогичные проекты на севере Канады в конце 1991 г. составляла 50 долл в час.

- Оборудование: на крупных современных обогатительных предприятиях расходы на оборудование могут достигать 3 млн англ. фунтов. Однако, в условиях, когда рабочая смена одного человека обходится в 21000 долл в год (1991), сложное оборудование быстро себя оправдывает.

Кроме того, увеличение коэффициента извлечения на 0,5% (а это вполне достижимо) при производительности 3000 т/день (1 млн т в год) и содержаниях в руде 15 г/т золота дает дополнительно 1 млн долл в год, т.е. 0,8 долл/т.

- Трубопроводная сеть: должны быть охарактеризованы все трубопроводы с указанием их маршрутов и стоимости их прокладки.

- Электрические сети: должны быть указаны источники энергии, стоимость линий электропередач, механизмов переключения и трансформаторов (первичных). В деталях должны быть расписаны стоимость вторичных трансформаторов и переключателей двигателей. Стоимость распределительной сети основывается на общей длине кабелей и существующих расценках.

- Косвенные затраты на строительство: сюда включаются расходы на работу в зимних условиях, строительство помещений для персонала, занятаго на стройке, аренду подъемного оборудования, связь, колебание цен.

- Управление проектированием, закупками и строительством (EPCM). Расходы по этой статье детально рассчитываются на стадии оценки. К управлению и контролю за строительством и закупками должны привлекаться представители высшего руководства.

- Непредвиденные расходы. Они определяются на стадии оценки в размере 10% от расчетной стоимости проекта. Возможные изменения проекта не относятся к числу непредвиденных обстоятельств.

### Производственные расходы обогатительной фабрики.

Рассчитать производственные расходы легче, чем капитальные затраты. Главными компонентами их являются:

- Стоимость рабочей силы: должен быть подготовлен документ, где указывалась бы численность руководящего, основного и вспомогательного персонала, определяемая по аналогии с подобными предприятиями. Уровень оплаты труда должен быть достаточно высоким, определяться по согласованию с профсоюзом и публиковаться службой занятости.

- Запас материалов: выбор реагентов и их запас определяются по аналогии с подобными производствами. Для удаленных районов должны также предусматриваться стоимость доставки на склад, наценки на доставку к месту работ.

- Затраты на электроэнергию: промышленное потребление электроэнергии рассчитывается на основе детальной оценки мощности электрооборудования и в свою очередь определяет стоимость потребляемой энергии. Для удаленных мест должно предусматриваться возведение гидро- или дизель-электростанции.

Необходимо заручиться письменным согласием энергетических компаний на письменные просьбы о поставках электроэнергии.

### Инфраструктура

Для промышленного производства, кроме рудника и обогатительной фабрики, требуются также подсобные помещения, лаборатории, жилые дома, медицинские учреждения, административные здания, полевые аэродромы, предприятия питания.

### Окружающая среда

Охране среды уделяется все возрастающее внимание со стороны правительства. Соответственно растут и цены на охрану среды.

Особое значение сейчас уделяется порядку ликвидации предприятия, после которого участок месторождения был бы пригоден для последующего хозяйственного использования. Стоимость ликвидационных работ бывает очень высока. По расчетам, для двух рудников в провинции Онтарио она составила 100 млн долл.

На оценочной стадии необходимо доказать, что организация производства не нанесет экологического ущерба. Банк, выделяющий кредиты, требует доказательства, что проект разработки месторождения утвержден службой охраны окружающей среды.

Объектами особого внимания должны быть отвалы, хвостохранилища, выбросы газов и сточных вод. Власти должны утвердить создание соответствующих систем очистки.

Еще до выдачи лицензий на добычные работы, власти запросят компанию о порядке их завершения. Работы по ликвидации предприятий вызовут увеличение первоначальной стоимости проекта и потребуют создания к моменту его завершения значительного резерва средств. Затраты на природовосстановительные работы не будут покрыты за счет распродажи оборудования. Следовательно, оценочные исследования должны включать и полную оценку стоимости ликвидационных работ.

Вопрос о выделении участков будет также рассматриваться правительством и министерством.

### График работы

Режим работы предприятия тесно связан с оценкой ее результатов. Время, прошедшее с момента начала работ до начала поступления прибыли, сыграет критическую роль в формировании окончательной стоимости проекта. Задержка пуска предприятия может нанести серьезный удар по всей экономике проекта.

### Анализ режима (графика) работы

Фундаментальной ошибкой некоторых оценочных исследований является представление, что рудник и обогатительная фабрика заработают на 100 % своей мощности прямо в день пуска. Если это заложено в проект, то внутренняя норма прибыли и чистая современная стоимость выглядят очень привлекательными. Однако, в жизни так не происходит. Как правило, обычные канадские фабрики выходят на проектную мощность в течение первого года работы, а подземные рудники еще позднее.

Обогатительное предприятие в первый год выходит на уровень 75-90% мощности и только позднее - на полную мощность. Производственные расходы в стартовый период должны рассчитываться очень осторожно, т.к. в расчете на одну тонну они будут значительно выше. Да и расход реагентов в первое время, до приобретения достаточного опыта операторами, будет повышенным.

Фабрикам, использующим новые сложные технологии или расположенным в удаленных районах, потребуется больше времени для того, чтобы выйти на стабильный уровень производственных расходов.

К началу производства большая часть капитальных затрат уже сделана, и проект попадает в сильнейшую зависимость от выплаты кредита, процентов по нему, неопределенности результатов. Если выход предприятия на полную мощность задерживается, финансовые затраты увеличиваются и выплата долга может быть отсрочена. Если задержка с выходом на проектную мощность продолжительна (один-два года), то изменение величины современной стоимости и потери прибыли могут достичь нескольких десятков миллионов долларов. Для решения проблем, связанных с пуском в эксплуатацию, понадобятся дополнительные средства.

### Сезонные факторы

Проведение строительных работ в зимние месяцы в северных широтах требуют больших затрат. Вместе с тем, откладывать строительные работы до лета нельзя, т.к. это сделает проект неконкурентоспособным по величинам чистой современной стоимости и внутренней нормы прибыли по сравнению с проектами, реализуемыми в более благоприятных условиях.

Выработка обоснованного режима производства и синхронизация его со сравнительно короткими периодами, когда возможны перевозки, приобретает в таких условиях критическое значение.

### Частное, общественное и государственное финансирование

Существуют несколько источников финансирования проектов в горнорудной промышленности, и, оценивая экономическую жизнеспособность проекта, их следует рассматривать с точки зрения цены, которую придется заплатить за финансовую поддержку.

Как правило, процент по внешним (для добывающей компании) кредитам, выплачиваемый после уплаты налогов, оказывается ниже, чем учетная ставка, использованная в экономическом анализе проекта. Поэтому использование внешнего финансирования повышает как величину дисконтированного денежного потока (DCF), так и его чистую современную стоимость (NPV).

Однако, включение внешнего финансирования в расчеты приводит к искажению истинного экономического значения проекта. По этой причине большинство инвестиционных компаний предпочитают сначала исследовать проект без учета предоставления внешней финансовой поддержки. Иными словами, проект может быть привлекательным даже при финансировании его на 100% за счет средств компании.

Однако при оценочных работах нельзя игнорировать и правительственные кредиты и гранты, поскольку это реальные деньги.

### Налогообложение

Налогообложение -- еще один объект исследования. Налоги могут достигать 30-50% производственной прибыли проекта, и следовательно, налогообложение должно быть тщательно рассмотрено.

Приблизительные расчеты налогов можно легко выполнить. Вместе с тем, могут потребоваться консультации специалистов, чтобы быстро списать имущество компании в первые годы ее работы. Это позволит в первое время, на вполне законном основании, уменьшить размер налогов до нуля, а следовательно будет способствовать более быстрой выплате долга.

### Плата за использование недр

- Некоторые виды платежей не зависят от того, приносит производство прибыль или нет;

- Некоторые платежи определяются прибылью;

- Некоторые выплачиваются немедленно;

- Некоторые платежи вносятся только после возмещения капитальных затрат.

Отчисления за недрa по величине дохода рассчитываются по валовому доходу или по чистой прибыли. Диапазон колеблется от 0,5% до 2%, и величина этих отчислений не зависит от прибыли.

Отчисления за недрa по чистой прибыли рассчитываются из валового дохода за вычетом производственных расходов; при этом иногда прибавляются амортизационные отчисления и налоги. Размер этих отчислений изменяется от 5% до 25%.

Платежи за единицу продукции - рассчитываются по принципу "столько-то долларов за тонну руды". Расчет прост и основан на количестве добытой руды. Размер платы может быть от нескольких центов до нескольких долларов с тонны.

### Анализ дисконтированной прибыли

Конечной целью финансовой оценки является создание такой математической модели проекта, чтобы можно было оценить его чувствительность к изменениям технических, экономических и финансовых параметров.

Создав модель, можно оценить жизнеспособность проекта, сравнив его с другими инвестиционными проектами. Стандартной основой такого сравнения является показатель, получивший определение "временная стоимость денег". Предпочтительной процедурой является анализ дисконтированной прибыли, который позволяет определить норму дисконтированной прибыли (Discounted Cash Flow Rate of Return - DCFROR) или чистую современную стоимость. Этот метод позволяет сравнить альтернативные варианты вложения капитала.

Для целей оценки лучше всего выбирать случай, когда отсутствует внешняя финансовая помощь и нет инфляции. Это позволяет приблизить проект к действительности и избежать будущих ошибочных оценок.

Для экономической оценки используются компьютерные программы, но их применение возможно лишь на основе точного знания.

Грубейшей ошибкой руководства компании было бы принятие решения на основе обобщенных таблиц без глубокого понимания их технической и финансовой сущности.

Наиболее стандартным критерием, используемым при определении экономической целесообразности проекта, является расчетная величина нормы дисконтированной прибыли (DCFROR). При определении степени риска инвестиций используется "барьерный уровень" DCFROR, составляющий около 15%-20 % в год после уплаты налогов при условии неизменного курса доллара.

### Анализ чувствительности

Анализ денежного потока должен включать и оценку основных факторов, влияющих на него. К числу таких факторов, позитивных и негативных,



относятся возможные изменения цен, содержания металлов в руде, производственных расходов, капитальных затрат. Если проект предусматривает внешнее финансирование, то надо анализировать отношение величины долга и остающейся после его выплаты части прибыли, процентную ставку и период возврата денег. Если предусматривается инфляция, необходимо учитывать ее влияние на цены и затраты.

Анализ чувствительности обычно показывает, что проект разработки месторождения более чувствителен к изменениям дохода, чем к изменению расходов. Таким образом, главными показателями, определяющими жизнеспособность (рентабельность) проекта являются стоимость продукции, производительность, содержания металлов в добытой руде и извлекаемость компонентов из руды.

### Обзор результатов оценочного исследования

1. Если результаты оценочных исследований свидетельствуют о том, что промышленное освоение месторождения технически возможно и экономически целесообразно, то результаты расчетов можно использовать в качестве основания для получения банковского кредита, который может покрыть значительную часть затрат, предшествующих началу производства. Возможно, будет подана заявка на "кредит под проект", т.е. заем, обеспеченный только имуществом и активами проекта без участия другого имущества заемщика.

2. Банки должны проанализировать, стоит ли предоставлять кредит под такой проект, и, следовательно вместе со своими экспертами рассмотреть результаты оценочного исследования. При этом учитываются различные варианты развития событий.

3. Для добывающих компаний риск - часть их бизнеса и они стремятся учитывать его в расчетах, связанных с получением прибыли. Это стремление находит отражение в желаемой или норме прибыли (DCFROR), которая должна составлять не меньше 15% при постоянной стоимости доллара и после уплаты налогов.

4. Банк занимает деньги у общества и дает их займы (добывающей компании) под высокий процент. Свою прибыль банк извлекает из разницы между процентной ставкой, под которую он берет деньги у общества, и ставкой, под которую он ссужает деньги заемщику. Разница эта не настолько велика, чтобы допустить высокую степень риска.

5. Банки не очень интересуются расчетной нормой прибыли, ведь они ссужают деньги под финансируемый проект. Но их волнует процент, под который они дают деньги в долг, и защита их кредита. С этой точки зрения банки и анализируют результаты оценочных исследований.

6. Убедившись, что финансовые планы компании приемлемы, банки будут рассматривать повышающиеся значения ежегодной прибыли и уменьшать их, исходя из их собственной нормы прибыли без всяких приращений за риск. Будет предоставлен кредит или нет, зависит от результирующей величины чистой современной стоимости (NPV), которая должна, по меньшей мере, в два раза превышать сумму займа, т.е. банк предоставит кредит под проект разработки месторождения, только если он обеспечивает возврат долга и выплаты процентов по нему, невзирая на то, что действительная прибыль может оказаться в два раза ниже проектируемой.

7. Банки зачастую мирятся с резким падением цен на металл, заложенных в оценочных исследованиях, но они не принимают риска, связанного с производством или затратами.

8. Рассматривая результаты оценочных исследований, банки учитывают степень надежности заложенных в проект оценок извлекаемых запасов и содержания, производительности рудника и характеристик товарной продукции, капитальных затрат и производственных расходов. Необходимо указывать степень точности определения этих величин.

9. Банки начинают все больше интересоваться степенью своей ответственности и ответственности компании за ущерб, нанесенный окружающей среде. Поэтому этот вопрос должен быть рассмотрен в оценочных исследованиях наиболее тщательно.

# Технико-экономическая оценка проекта

## Типовой вариант

Содержание:

### Раздел 1. Сводная информация

- 1.1. Обобщение. Заключение и рекомендации
- 1.2. Описание проекта
- 1.3. Финансовый анализ
- 1.4. Геологическое строение, оруденение и запасы руд
- 1.5. План рудника
- 1.6. Обоганительная фабрика
- 1.7. Устранение хвостов
- 1.8. Инфраструктура
- 1.9. Меры по охране окружающей среды
- 1.10. Проект и мероприятия по закрытию объекта
- 1.11. Капитальные затраты и график строительства
- 1.12. Эксплуатационные затраты

### Раздел 2. Введение и условия выполнения

- 2.1. Введение
- 2.2. Задачи исследований
- 2.3. Проведение исследований

### Раздел 3. Финансовый анализ

- 3.1. Введение
- 3.2. Исходные данные и допущения
- 3.3. Результаты

### Раздел 4. Геологическое строение, оруденение и запасы руд

- 4.1. Региональное геологическое строение
- 4.2. Геологическое строение участка и оруденение
- 4.3. Типы руд и запасы
- 4.4. Анализ надежности данных
- 4.5. Возможности прироста запасов

## Раздел 5. Отработка объекта

- 5.1. Введение
- 5.2. График отработки
- 5.3. Добыча
- 5.4. Устройство отвалов и дренажные работы
- 5.5. Влияние добычи на окружающую среду

## Раздел 6. Выбор местоположения рудника, доступ к нему и транспортировка руды

- 6.1. Введение
- 6.2. Схема местоположения фабрики
- 6.3. Доступ к фабрике

## Раздел 7. Обогажительная фабрика

- 7.1. Введение
- 7.2. Программа и результаты металлургических испытаний
- 7.3. Критерии проектирования фабрики
- 7.4. Схемы обогащения и проект фабрики
- 7.5. Управление процессом обогащения

## Раздел 8. Удаление хвостов

- 8.1. Введение
- 8.2. Задачи и параметры проектирования
- 8.3. Обобщенные результаты лабораторных испытаний хвостов
- 8.4. Общая схема и стадии разработки
- 8.5. Емкость хранения
- 8.6. Стратегия осаждения
- 8.7. Система трубопроводов для хвостов
- 8.8. Система водоснабжения процесса обогащения
- 8.8. Аппаратура

9. Система водоснабжения

Требования к системе и источники водоснабжения  
Переработка, хвосты и система восстановления  
Рудничные и породные отвалы  
Снабжение питьевой водой и удаление санитарных отходов  
Поверхностный сток  
Отчетность об охране окружающей среды

10. Вспомогательные средства и службы

Строительство фабрики  
Вспомогательные помещения  
Удаление и переработка отходов  
Снабжение пресной водой  
Хранение топлива  
Административные помещения  
Склады  
Служба безопасности

11. Энергоснабжение и распределение энергии

1. Потребности в энергии
2. Гидроэлектроэнергия и общая схема сети
3. Общие проектные параметры
4. Проектные детали отдельных элементов
5. Распределение электроэнергии

12. Система связи и инфраструктура

1. Телекоммуникации
2. Транспорт
3. Жилые дома

13. Социально-экономический эффект и людские ресурсы

1. Социально-экономические соображения
2. План повышения квалификации
3. Передача технологии

13.4. Влияние на ближайшее окружение

Раздел 14. План строительства

- 14.1. Общие соображения
- 14.2. Подъездные и откаточные пути
- 14.3. Территория фабрики
- 14.4. Хвостохранилище
- 14.5. Гидроэлектроэнергия
- 14.6. Влияние строительства на окружающую среду
- 14.7. График строительства

Раздел 15. Окружающая среда

- 15.1. Общие соображения
- 15.2. Процесс получения разрешений
- 15.3. Статус разрешений
- 15.4. Законодательство по охране окружающей среды и здоровья

Раздел 16. Проектирование работ по закрытию объекта

- 16.1. Площадки рудничных и породных отвалов
- 16.2. Территория фабрики и инфраструктура
- 16.3. Хвосты
- 16.4. Качество воды
- 16.5. Мониторинг после закрытия

Раздел 17. Капитальные затраты

- 17.1. Сводка
- 17.2. Объем затрат
- 17.3. Базис оценки
- 17.4. Допущения
- 17.5. Исключения

Раздел 18. Эксплуатационные затраты

- 18.1. Сводка
- 18.2. Рудник
- 18.3. Обогажительная фабрика

- 18. 4. Хвостохранилище
- 18. 5. Фабрика и администрация
- 18. 6. Мониторинг окружающей среды и закрытие

#### Раздел 19. Стоимость закрытия

- 19. 1. Сводка
- 19. 2. Рабочая сила
- 19. 3. Рудничные и породные отвалы
- 19. 4. Обогажительная фабрика
- 19. 5. Хвосты
- 19. 6. Мониторинг после закрытия

#### Раздел 20. Маркетинг

- 20. 1. Структура промышленности
- 20. 2. Историческое и проектное соотношение спроса и потребления
- 20. 3. Тенденции спроса, потребления и ценообразования
- 20. 4. Конкурентоспособность
- 20. 5. Маркетинговые контракты
- 20. 6. Преимущества проекта

#### Раздел 21. Права, собственность и юридические вопросы

- 21. 1. Собственность на участок
- 21. 2. Заявки на объекты для добычи
- 21. 3. Права на поверхность участка
- 21. 4. Права на источники воды
- 21. 5. Требования к разрешениям на объект
- 21. 6. Налогообложение

#### ПРИЛОЖЕНИЯ

- Приложение 1. Налоги на прибыль и роялти
- Приложение 2. Денежные потоки
- Приложение 3. Детальная оценка капитальных затрат
- Приложение 4. Карты и чертежи
- Приложение 5. Библиография и предыдущие отчеты

Список чертежей  
Перечень рисунков  
Перечень таблиц

Окончательный технико-экономический доклад

- Том 1. Сводные данные по выполнению работ
- Том 2. Геология, запасы руд и добыча
- Том 3. Металлургия
- Том 4. Смета капитальных и эксплуатационных затрат
- Том 5. Финансовый анализ
- Том 6. Юридические вопросы, финансирование и маркетинг
- Том 7. Приложения

ГЕОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРНОРУДНЫХ ПРОЕКТОВ

Геологический факультет МГУ  
ЦНИГРИ

КУРС II

ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ ПРОЕКТА И ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА

Дж.Х.Хилл  
Геолог-консультант

Курс подготовлен при финансовой  
поддержке правительства Австралии

Редакция: К.г.и.н.: Б.И.Беневольский (ЦНИГРИ)  
Перевод: И.М.Новожилова (ЦНИГРИ)

Лондон, 1993



## СРАВНЕНИЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ - ОТНОСИТЕЛЬНАЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ

Прежде, чем горнорудная компания примет окончательное решение об инвестициях, необходимо одновременно рассмотреть несколько возможностей и провести сравнительный технический и финансовый анализ. Наиболее эффективные сравнения делаются на основе экономического анализа, включая расчет "чистой современной стоимости" (NPV), "внутренней нормы рентабельности" (IRR) и срока окупаемости (Payback), хотя на предварительной стадии, до проведения технико-экономического обоснования, могут быть использованы и другие экономические показатели.

### Сравнение содержаний металла

На ранних стадиях оценки месторождений их сравнение производится с помощью графика "запасы-содержание". При этом по оси "x" откладываются содержания, а по оси "y" - запасы. При этом предпочтительнее использовать логарифмическую шкалу, т.к. линии, соединяющие точки с равным содержанием металла - кривые. При использовании линейного масштаба линии содержания металла будут кривыми, поскольку содержания металла описываются гиперболической функцией. Уравнения гиперболы имеют вид:

$$(i) \quad M_t = \frac{x \cdot y}{100} \quad \text{где } M_t \text{ - суммарное содержание (запасы) металла}$$

$$(ii) \quad M_t = \frac{x \cdot y}{1,000,000}$$

где y - запасы (руды)  
x - содержание

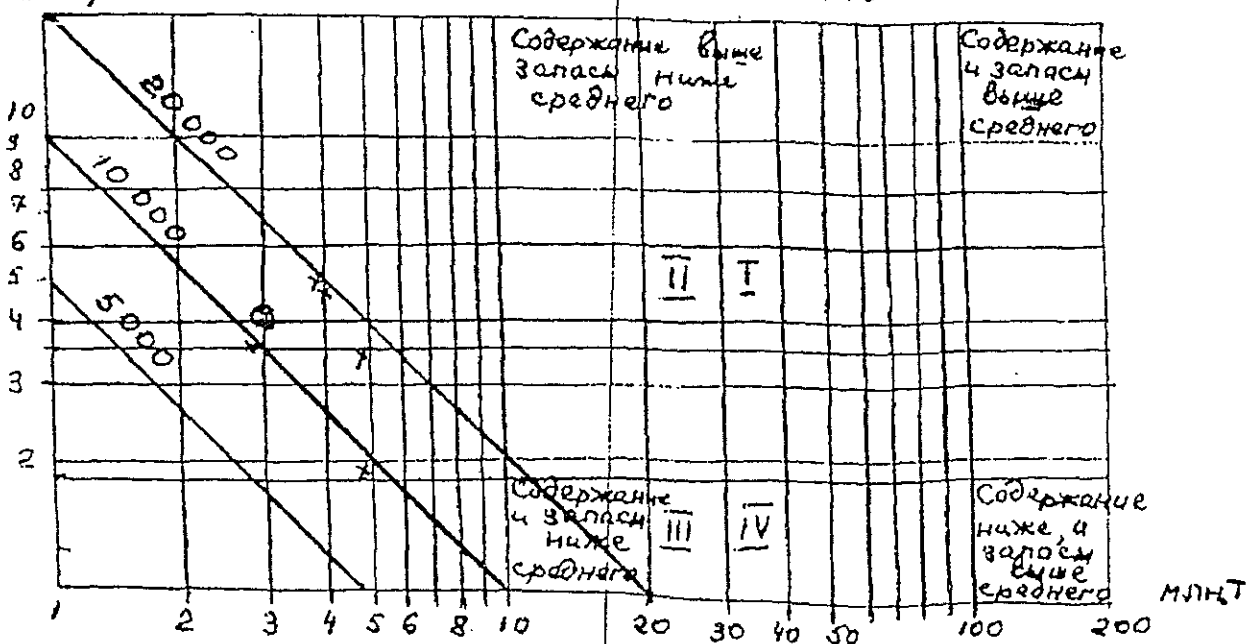
где y - запасы (руды)  
x - содержание  
M<sub>t</sub> - суммарное содержание (запасы) металла

Если график "запасы-содержание" вычерчивается в логарифмическом масштабе, то уравнение будет иметь вид:

$$\ln y = \ln (M_t \cdot 100) - \ln x \quad \text{где } 1\% = 10 \text{ kg / тонне.}$$

Содержание  
AuE г/т

ГРАФИК "ЗАПАСЫ-СОДЕРЖАНИЕ" (Log-Log)  
в рассматриваемое м-ние



Линии общих запасов металла отражают относительное положение месторождений.

Расчет : Определить место эпитермального золоторудного месторождения в ряду подобных месторождений.

Исходные данные :

- Производится оценка эпитермального золоторудного месторождения с параметрами: 2,8 млн т и 3,6 г/т Au;
- Производится сравнение с аналогичными золоторудными месторождениями;
- Содержание серебра переводится в условное золото;

На 23.06.93 цены на металл составляли:

Ag - 2,90 ф/унция

Au - 367 долл/унция

Курс фунта по отношению к доллару: 1 ф = 1,47 долл

Цена на Ag: 2,90 ф x 1,47 долл = 4,26 долл/унцию

$$Ag:Au:: 4,26:367 = 1:86$$

$$AuE = \text{г/т Au} + \frac{\text{г/т Ag}}{86}$$

Параметры месторождений, используемых для сравнения, вычерчиваются на диаграмме "запасы-содержания" (для работы необходимо вычертить, по крайней мере, 10 графиков).

N	Название	Млн.т	AuE г/т
1	A	2,5	3,3
2	B	4,5	1,8
3	C	4,7	3,5
4	D	160,0	1,7
5	E	3,6	5,1
6	F	4,0	4,9
7	Оцениваемое	2,8	3,6

Наносятся линии абсолютного содержания металла, т.е.

5 г/т AuE по оси "y"

5 млн т по оси "x"

Равенства по 2-м точкам:

$$1 \times 10 \times 5 \text{ г/т AuE} = 5000 \text{ кг AuE}$$

$$5 \times 10 \times 1 \text{ г/т AuE} = 5000 \text{ кг AuE}$$

Соединив точки, получаем линии с одинаковым содержанием (запасами) металла. Таким же образом получаем линии для значений 10 000 кг и 20 000 кг AuE.

Однако, этот метод мало говорит об относительных экономических преимуществах объектов.

#### Взвешивание величин запасов и содержаний

Диаграмма "запасы-содержания" может быть далее преобразована введением средних значений запасов и содержаний, т.е. среднеарифметического  $\bar{x}$ , где

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Среднеарифметическое по запасам составляет :

$$\bar{x} = \frac{2,5 + 4,5 + 4,7 + 160 + 3,6 + 4}{6} = 29,9$$

с влиянием 160

Содержания можно представить двумя способами:

1) среднее содержание без взвешивания

$$\bar{y} = \frac{3,3 + 1,8 + 3,5 + 1,7 + 5,1 + 4,9}{6} = 3,4$$

2) содержание с введением весовых коэффициентов по запасам

$$y = \frac{2,5 \times 3,3 + 4,5 \times 1,8 + 4,7 \times 3,5 + 160 \times 1,7 + 3,6 \times 5,1 + 4,0 \times 4,9}{2,5 + 4,5 + 4,7 + 160 + 3,6 + 4,0} = 1,86 \text{ г/т AuE}$$

На эту величину большое влияние оказывают запасы в 160 т.

На основе приведенных расчетов диаграмму "запасы-содержания" можно разделить на четыре сектора.

Сектор I. Содержания и запасы выше среднего

Сектор II. Содержания выше, а запасы ниже среднего

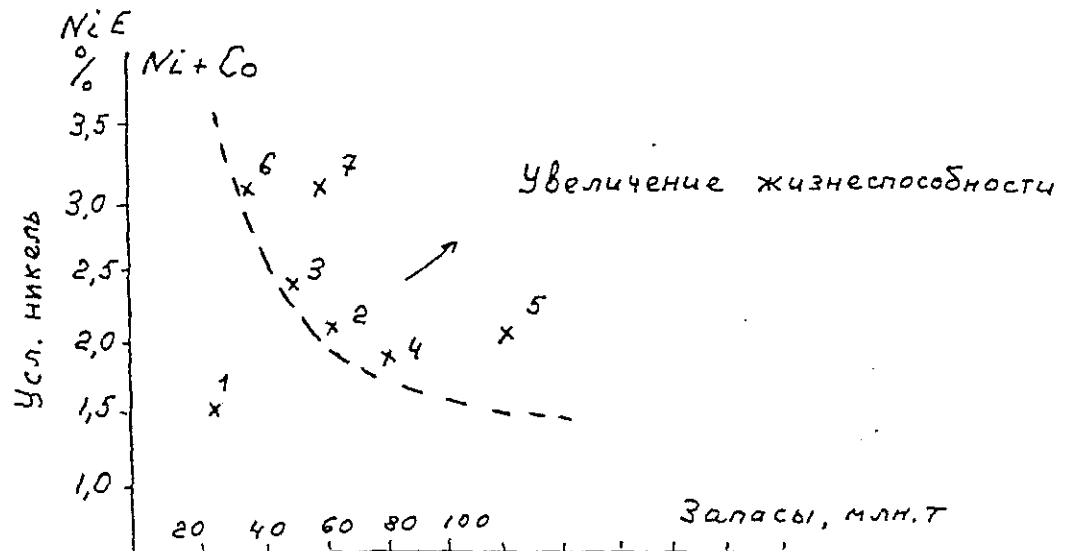
Сектор III. Содержания и запасы ниже среднего

Сектор IV. Содержания ниже, а запасы выше среднего

#### Добычные объекты на границе жизнеспособности

При нанесении объектов на гиперболическую диаграмму "запасы - содержание" можно построить граничную линию жизнеспособности. На графике можно нанести как действующие, так и не разрабатываемые объекты. В общем случае, чем дальше от границы находится объект, тем больше у него шансы жизнеспособности.

Гиперболическая кривая иллюстрирует распределение латеритных месторождений никеля ( по Ф.В.Уэльмеру ).



Кривая безубыточности на диаграмме "содержания-производительность"

Диаграмма "содержания-производительность" с кривой безубыточности для действующих рудников аналогична графику "граничная линия жизнеспособности". Только вместо запасов по оси "х" откладывается "мощность" (годовая производительность) объекта.

Исходные данные:

Свинцово-цинковый рудник мощностью (с ежегодной производительностью) 8000 т/сутки, т.е. 2,88 млн т в год (360 дн/год).

Результат:

1. Расходы при безубыточной эксплуатации включают все текущие и капитальные затраты (в т.ч. выплату долгов и процентов по кредиту), а также налоги. Принято, что бюджет объекта складывается из акционерного капитала, поэтому финансовая задолженность в расчет не входит. Стоимость основного капитала покрывается платой за износ и амортизацией, поэтому при расчете безубыточности рассматриваются объекты, у которых основное оборудование не списано. Начальной точкой отчета является "Сводный отчет о прибылях и убытках", ежегодно представляемый горнорудными компаниями. Ниже приводятся стоимостные данные для свинцово-цинкового объекта.

	Млн.долл.
Совокупный доход	118
Эксплуатационные расходы	56
Износ-амортизация	11
Ссудный процент/задолженность	10
Разведка (территория рудника)	1
Потери из-за курсовой разницы	2
Подходный налог-роялти	21
Чистая прибыль	17

Статьи расходов, непосредственно влияющих на эксплуатационные затраты при критическом (безубыточном) объеме производства (прямые затраты), составляют:

	Млн.долл.
Эксплуатационные расходы	56
Износ-амортизация	11
Подходный налог-роялти	21
	<hr/>
	88

Издержки при критическом объеме производства (обеспечивающем безубыточность) на тонну

$$= \frac{88 \text{ млн долл}}{2,88 \text{ млн т}} = 30,56 \text{ долл/т}$$

2. Критическую себестоимость (прямые затраты) нужно нанести на диаграмму "содержания-производительность". Критическую себестоимость сначала необходимо привести к критическому содержанию металла; при этом следует учитывать цену на металл.

Все металлы должны быть приведены к содержанию Zn или содержанию эквивалента цинка ZnE.

Содержания свинца приводятся к ZnE.

Рядовые руды имеют содержания:

	7%Zn	3%Pb
Цена на металл	0,51 долл/фунт	0,32 долл/фунт
Извлечение	90%	90%

За каждый фунт Pb, содержащийся в рядовой руде, рудник получает 0,32 долл x 0,9 = 0,29 долл/фунт  
 За каждый фунт Zn, содержащийся в рядовой руде, рудник получает 0,51 долл x 0,9 = 0,46 долл/фунт  
 Коэффициент перевода Pb в ZnE

$$KV = \frac{0,29}{0,46} = 0,63 \quad ZnE = \%Zn + 0,63 \times \%Pb$$

Для определения критического содержания цинка при использовании величины "критическая" себестоимость /тонну применяется формула "чистого дохода (возврата) с металлургического передела" (Net Smelter Return - NSR).

Приняты следующие параметры:

NSR NF = 50% (коэффициент)

Извлечение на фабрике  $\xi = 90\%$

% к фунту = 22,046 (коэф. перевода фунтов в долл)

Zn% = г - критическое содержание, т.е. минимально промышленное содержание (в России это содержание называют бортовым содержанием, которое иногда рассчитывается по прямым затратам).

Критическая себестоимость (при которой достигается безубыточность) = 30,56 долл/т

Формула :

Критическое содержание x % к фунту x  $\xi$  x NF x x цену на Zn = Критическая себестоимость

$$r\% \times 22,046 \times 0,9 \times 0,5 \times 0,51 \text{ (цент/ф)} = 5,06$$

$$Zn\% \text{ (критическое)} = \frac{30,56}{5,06} = 6,04\% \text{ Zn}$$

Критическое содержание цинка 6,04 (6,00)% Zn можно нанести на график "содержание-производительность".

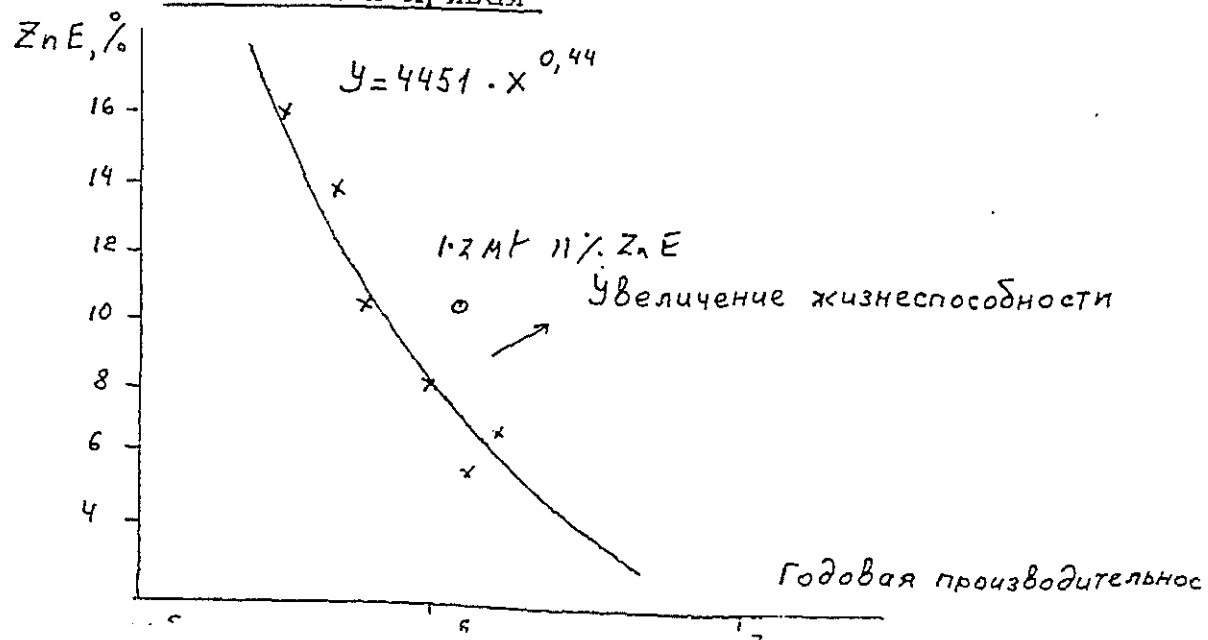
Другие данные для графика берутся по другим Pb-Zn объектам, где известны содержания металла в рядовой руде и годовая производительность (продукция в тоннах).

Используя коэффициенты регрессии и нелинейную функцию  $y = a \cdot x^b$ , которая преобразуется в линейную регрессионную функцию по формуле  $L_n y = L_n a + b L_n x$ ,

строят график эксплуатационных расходов и годовой производительности.

Ниже представлена кривая, при которой обеспечивается безубыточность (критическая кривая) при производительности Pb-Zn рудника 8000 т/сутки, т.е. 2,88 млн т/год при содержании 8,9% ZnE (ZnE = 7%Zn + 0,63 x 3%Pb = 8,9% ZnE)

Диаграмма "содержания-производительность"  
 Критическая кривая



### 3. Сравнение с другими месторождениями цинка

Компании необходимо сравнить возможное предложение о создании СП по добыче цинка с другими аналогичными предложениями. Этой компании предложено месторождение Zn с запасами 15 млн т и содержанием 11% Zn. Она должна определить будущую производительность. При этом выбрана формула оптимальной жизнеспособности объекта (формула Тейлора).

$$\text{Срок эксплуатации (n) лет} = 0,2 \times \sqrt[4]{\text{общие ожидаемые запасы}}$$

$$\text{Срок эксплуатации, n} = 0,2 \times \sqrt[4]{15\,000\,000} = 0,2 \times 62,23 = 12,45 \text{ лет}$$

$$\text{Ежегодная производительность} = \frac{15 \text{ млн т}}{12,45 \text{ лет}} = 1,2 \text{ млн т/год}$$

На графике "содержание-производительность" отображаются данные : 1,2 млн т/год при 11% ZnE.

#### ДИАГРАММЫ "СОДЕРЖАНИЕ-ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ" - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ

В разделе рассматриваются диаграммы "содержания-производительность" с целью сравнения объектов по экономическим показателям. Диаграммы построены по данным о капитальных и эксплуатационных затратах, опубликованным горнорудными компаниями.

Кривые производительности построены по уравнению

$$y = a \cdot x^b,$$

где y - эксплуатационные затраты или размер инвестиций;  
x - годовая производительность;  
a и b - константы.

В логарифмической выражении уравнение имеет вид:

$$\ln y = \ln a + b \ln x$$

Можно рассчитать линии с одинаковыми экономическими показателями, используя различные значения производительности.

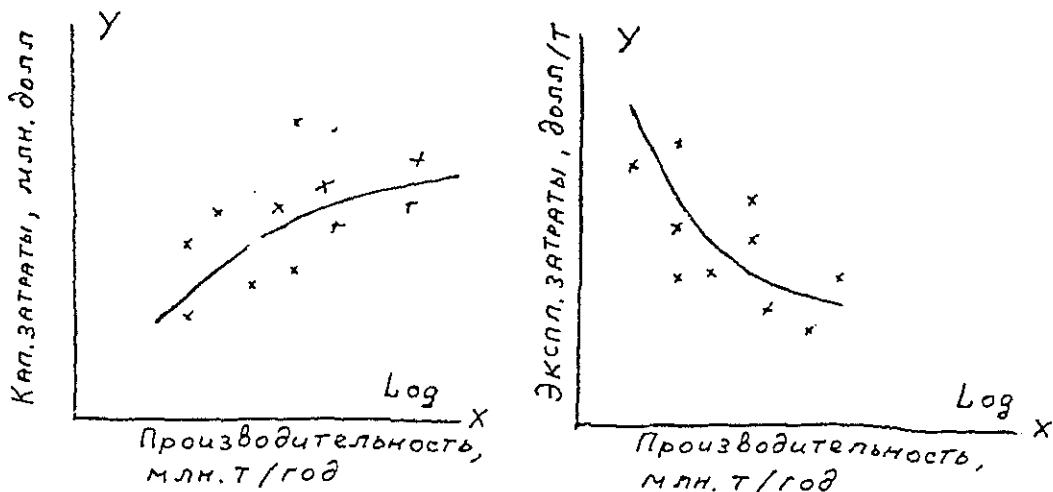
#### Расчет :

Определить требуемые содержания золота, чтобы обеспечить минимальную IRR (Internal Rate of Return - внутреннюю норму рентабельности, т.е. эффективность капиталовложений - норму прибыли) при различной цене на золото.

#### Исходные данные :

Собраны данные по золоторудным объектам за несколько лет, представляющие собой обобщенные значения капитальных затрат, эксплуатационных расходов и годовой производительности. Полученные степенные кривые имеют следующий вид

Степенные кривые



На основе этих графиков для производительности 60 000 т/г (2) методом интерполяции были определены размер инвестиций в 13 млн долл и эксплуатационные затраты в 94 долл/т.

Компания изучает предлагаемый проект и рассматривает его для случая IRR = 15% (пессимистический вариант), 20% (общий случай) и 25% (оптимистический вариант). Требуется определить содержание золота, при котором может быть достигнут желаемый IRR.

При этом приняты следующие допущения:

1. 100% акционерное финансирование (т.е. финансирование с помощью выпуска новых акций) дает четкую экономическую картину объекта;
2. Прежде, чем вводить налоги, необходимо установить общую жизнеспособность объекта;
3. Срок эксплуатации принимается равным 9 годам;
4. Поскольку принимается, что ежегодные денежные потоки (cash flow) равны, то можно использовать коэффициенты современной стоимости ежегодных поступлений (annuity present value factors).

Производятся следующие действия со сведением результатов в таблицу:

1. Определяется годовой денежный поток для обеспечения прибыли от производственной деятельности, достаточной для получения IRR = 15%, 20% и 25%.

Формула:  $I = OP_c \cdot b_n$

$$OP_c = \frac{I}{b_n}$$

где

- I - капиталовложения;
- OP<sub>c</sub> - годовая (валовая) прибыль - денежный поток;
- b<sub>n</sub> - коэффициент современной стоимости ежегодных поступлений (из таблиц).

	IRR	b <sub>n</sub>
9 лет	15%	4,772
	20%	4,031
	25%	3,463

OP <sub>c</sub> при IRR = 15%	OP <sub>c</sub> = 13,0 / 4,772 = 2,72 млн долл
OP <sub>c</sub> при IRR = 20%	OP <sub>c</sub> = 13,0 / 4,031 = 3,23 млн долл
OP <sub>c</sub> при IRR = 25%	OP <sub>c</sub> = 13,0 / 3,463 = 3,75 млн долл

2. Определить суммарный доход (Revenue - Rev), необходимый для обеспечения валовой прибыли (operating profit - OP<sub>c</sub>) и покрытия эксплуатационных затрат (operating cost - OP Cost).

$$OP \text{ Cost} = \text{стоимость/т} \times \text{производительность}$$

$$= 94 \times 60\,000 = 5,64 \text{ млн долл}$$

Требуемый суммарный доход (годовая ценность товарной продукции) равен:

$$\text{эксpl. затраты} + \text{валовая прибыль} \quad \text{т.е.}$$

$$OP \text{ Cost} + OP_c$$

Общий доход составляет:

Rev при IRR = 15%	Rev = 5,64 + 2,72 = 8,36 млн долл
Rev при IRR = 20%	Rev = 5,64 + 3,23 = 8,87 млн долл
Rev при IRR = 25%	Rev = 5,64 + 3,75 = 9,39 млн долл

3. Теперь необходимо вычислить содержания золота, удовлетворяющие номинальным IRR. Цена на золото 370 долл/унция; извлечение - 90%.  
Формула дохода (Rev):

$$Rev = \frac{Au \text{ г/т} \times \text{извлечение} \times \text{производ. т/год} \times \text{цена Au}}{\text{коэффициент перевода унций в граммы}}$$

Gg (содержание золота - г/т)

$$Rev = \frac{Gg \times 0,9 \times 60\,000 \times 370}{31,1013}$$

$$Gg = \frac{Rev \times 31,1}{0,9 \times 60\,000 \times 370} = \frac{Rev \times 31,1}{19,98 \text{ млн}}$$

Требуемые содержания золота:

при IRR 15%	=	8,36 x 31,1/19,98	=	13,0 г/т
при IRR 20%	=	8,87 x 31,1/19,98	=	13,9 г/т
при IRR 25%	=	9,39 x 31,1/19,98	=	14,6 г/т

4. Сравнение по производственным мощностям и цене на золото.

Аналогично рассчитываются точки кривой при других значениях производительности и цен на золото. Таким образом, различные месторождения с одинаковым значением IRR могут быть нанесены на один и тот же график "содержание-производительность".

При производительности 80 000 т/год (3)

1. Поток денежных средств, обеспечивающий годовую валовую прибыль, достаточную для получения IRR, равной 15%, 20% и 25%, составляет:  
OPC = I/b

при 15%	OPC = 14/4,772	=	2,93 млн долл
при 20%	OPC = 14/4,031	=	3,47 млн долл
при 25%	OPC = 14/3,463	=	4,04 млн долл

2. Общий доход (Rev), необходимый для обеспечения валовой прибыли (OPC) и покрытия эксплуатационных затрат (Op Cost/т), составляет

$$OpCost = \text{стоимость/тонну} \times \text{производительность} = 86 \times 80\,000 = 6,88 \text{ млн долл}$$

Требуемый доход будет:

при IRR 15%	Rev = 6,88 + 2,93	=	9,81 млн долл
при IRR 20%	Rev = 6,88 + 3,47	=	10,35 млн долл
при IRR 25%	Rev = 6,88 + 4,04	=	10,92 млн долл

3. Формула дохода (Rev) имеет вид

$$Rev = \frac{G(Au \text{ г/т}) \times \text{извл.} \times \text{произв. т/год} \times \text{цена на золото}}{\text{коэффициент перевода унций в граммы}}$$

$$Rev = \frac{G \times 0,9 \times 80\,000 \times 370}{31,1} = G \text{ г/т} \times 0,857 \text{ млн}$$

$$G \text{ г/т} = Rev / 0,857$$



при IRR 15%	Содержание г/т	= 9,81/0,857	= 11,4	г/т
при IRR 20%	Содержание г/т	= 10,35/0,857	= 12,1	г/т
при IRR 25%	Содержание г/т	= 10,92/0,857	= 12,7	г/т

При производительности 200 000 т/год (4)

1. Денежный поток при валовой прибыли, достаточной для получения IRR = 15%, 20% и 25% составляет:

		$I/b_n$		
при 15%	ОРс	= 16/4,772	= 3,35	
при 20%	ОРс	= 16/4,031	= 3,97	
при 25%	ОРс	= 16/3,463	= 4,62	

2. Суммарный доход (Rev), необходимый для обеспечения валовой прибыли (ОРс) и покрытия эксплуатационных затрат (OpCost/т) будет:

$$\begin{aligned} \text{OpCost} &= \text{стоимость/тонну} \times \text{производительность} \\ &= 80 \times 200\,000 \\ &= 16,00 \text{ млн долл} \end{aligned}$$

Общий требуемый доход (Rev) равен:

при IRR 15%	Rev	= 16,00 + 3,35	= 19,35	млн долл
при IRR 20%	Rev	= 16,00 + 3,97	= 19,97	млн долл
при IRR 25%	Rev	= 16,00 + 4,62	= 20,62	млн долл

3. Формула дохода

$$R = \frac{G \text{ г/т} \times 0,9 \times 200\,000 \times 370}{31,1}$$

$$\text{Rev} = G \text{ г/т} \times 2,141$$

$$G \text{ г/т} = \text{Rev} / 2,141$$

при IRR 15%	Содержание г/т	= 19,35/2,141	= 9,00	г/т
при IRR 20%	Содержание г/т	= 19,97/2,141	= 9,3	г/т
при IRR 25%	Содержание г/т	= 20,62/2,141	= 9,6	г/т

При производительности 10 000 т/год :

1. Денежный поток для обеспечения валовой прибыли, необходимой для получения IRR = 15%, 20% и 25%, составляет:

$$\text{ОРс} = I/b_n$$

при IRR 15%	ОРс	= 7/3,352	= 2,09	млн долл
при IRR 20%	ОРс	= 7/2,991	= 2,34	млн долл
при IRR 25%	ОРс	= 7/2,689	= 2,60	млн долл

2. Суммарный доход (Rev), необходимый для обеспечения валовой прибыли (ОРс) и покрытия эксплуатационных затрат (OpCost/т)

$$\begin{aligned} \text{OpCost} &= \text{стоимость/тонну} \times \text{производительность} \\ &= 105 \times 10\,000 = 1,05 \text{ млн долл} \end{aligned}$$

Общий требуемый доход:

при IRR 15%	Rev	= 1,05 + 2,09	= 3,14	млн долл
при IRR 20%	Rev	= 1,05 + 2,34	= 3,39	млн долл
при IRR 25%	Rev	= 1,05 + 2,60	= 3,65	млн долл

3. Формула дохода:

$$Rev = \frac{G \text{ г/т} \times 0,9 \times 10\,000 \times 370}{31,1}$$

$$Rev = G \text{ г/т} \times 0,107$$

$$G \text{ г/т} = Rev / 0,107$$

- при IRR 15% Содержание г/т =  $3,14/0,107 = 29,3$
- при IRR 20% Содержание г/т =  $3,39/0,107 = 31,7$
- при IRR 25% Содержание г/т =  $3,65/0,107 = 34,1$

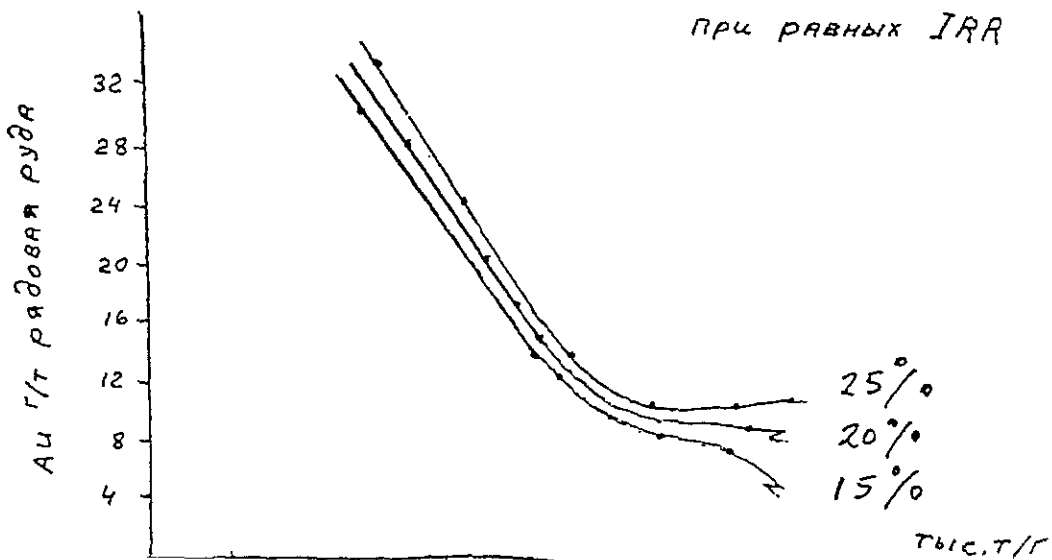
ТАБЛИЦА ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ  
( диаграмма "содержания-производительность" )

Исходные данные	Производительность т/год	Кап.затраты млн.долл	Экспл. затраты долл/т	Срок год	Цена на Au долл/унцию
1	10 000	7	105	5	370
2	60 000	13	94	9	370
3	80 000	14	86	9	370
4	200 000	16	80	9	370

Исходные данные	IRR %	Валовая прибыль млн долл	ОРС	Rev млн долл	Содержание Gg г/т
(1) 10 000 т/г	15	2,09		3,14	29,3
	20	2,34		3,39	31,7
	25	2,60		3,65	34,1
(2) 60 000 т/г	15	2,72		8,36	13,0
	20	3,23		8,87	13,8
	25	3,75		9,39	14,6
(3) 80 000 т/г	15	2,93		9,81	11,4
	20	3,47		10,35	12,1
	25	4,04		10,92	12,7
(4) 200 000 т/г	15	3,35		19,35	9,0
	20	3,97		19,97	9,3
	25	4,62		20,62	9,6

Диаграмма "содержания-производительность"

при равных IRR



РАСЧЕТ КРИТИЧЕСКИХ ВЕЛИЧИН, ПРИ КОТОРЫХ ДОСТИГАЕТСЯ  
БЕЗУБЫТОЧНОСТЬ (САМООКУПАЕМОСТЬ)

ОДНОЭЛЕМЕНТНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Стандартное определение безубыточности - это ценность металла, при которой покрываются расходы на объект. Сюда входят все производственные и капитальные затраты, налоги, оплата процентов по долгам. При условии безубыточности производства период окупаемости равен сроку эксплуатации объекта.

Расчет:

Цена на золото, при которой золоторудный объект достигает точки безубыточности, определяется в долл/унцию.

Исходные данные: [Данные, относящиеся к инвестициям]

Капитальные затраты: 25 млн долл, акционерное финансирование  
(т.е. с помощью выпуска акций)

Производительность: 200 000 т/год

Запасы: на 11 лет

Эксплуатационные затраты (OpCost): 50 долл/т

Содержание на выходе: 9 г/т золота после разубоживания

Извлечение (ε) на фабрике: 92%

Результат:

1. Определить необходимую прибыль на тонну руды (прибыль/т) для обеспечения возмещения капитала.

Капитальные затраты: 25 млн долл

Срок эксплуатации: 11 лет

Запасы: 200 000 x 11 = 2,2 млн т

Требование к возмещению капитала:  $\frac{25 \text{ млн долл}}{2,2 \text{ млн т}} = 11,36 \text{ долл/т}$   
(удельные капвложения на 1 т руды за весь период эксплуатации)

2. Себестоимость 1т руды, обеспечивающая безубыточную эксплуатацию = экспл.-затраты/т + кап.-затраты/т = 50 + 11,36 = 61,36 долл/т

3. Извлекаемое Au/т = ε x содержание на выходе  
0,92 x 9 г/т = 8,28 г/т Au  
 $\frac{8,28}{31,1} = 0,27 \text{ унций/т Au}$

4. Цена на золото (за унцию), обеспечивающая самоокупаемость,

$$= \frac{\text{безубыточная стоимость}}{\text{извлекаемое содержание (унции)}} = \frac{61,36}{0,27} = 228 \text{ долл/унцию}$$

(извлекаемая ценность)

МНОГОЭЛЕМЕНТНЫЕ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для многокомпонентных месторождений не существует фиксированной цены при безубыточной эксплуатации, а имеется ряд переменных функций безубыточности.

Для месторождения с двумя видами товарного продукта, например, Pb и Zn, принятая цена на цинк позволяет рассчитать цену безубыточной эксплуатации для свинца. При изменении цены на цинк цена безубыточной эксплуатации на свинец также меняется.

Расчет:

Горнорудная компания рассматривает проект по месторождению цветных металлов и хочет определить текущую и будущую цену на металл. При этом предполагается использовать набор кривых безубыточности (критических кривых) на основе наиболее вероятных прогнозов о ценах на металл в течение двух лет.

Исходные данные: Свинцово-цинково-серебросодержащее м-ние.

Содержания: 7%Zn, 4%Pb, 125 г /т Ag  
Извлечение: Zn 92%, Pb 90%, Ag 85%  
Окупаемая стоимость: 65 долл/т  
(экспл. затраты, кап-затраты, налоги)

Результат:

1. Вычислить чистый доход рудника от обогащения (металлургического передела)

Извлечение составляет:  
Zn 50%, Pb 65%, Ag 95%  
Чистая окупаемость после обогащения (Net Smelter Return - NSR) выражается в виде содержаний товарного продукта:

Zn  $7 \times 0,92 \times 0,50 = 3,22\%$  Zn  
Pb  $4 \times 0,90 \times 0,65 = 2,34\%$  Pb  
Ag  $125 \times 0,85 \times 0,95 = 100,94$  г/т Ag

2. На графике цен на свинец и серебро строится совокупность кривых для заданной цены на цинк.

Для 1-ой кривой безубыточности принимаем цену на Zn, равной 50 центов/фунт (коэффициент перевода фунтов в % составляет  $\times 22,046$ ).

Доход от Zn (долл/т) =  $3,22 \times 22,046 \times 0,50 = 35,49$  долл/т  
Стоимость в точке безубыточности = 65 долл/т.  
Доля Zn = 35,49 долл/т  
Требуемая доля вклада Pb и Ag в стоимость: = 29,51 долл/т

3. Расчет дохода от Pb и Ag:  
Принимаем цену на Pb равной 35 центов/фунт

Доход от Pb (долл/т) =  $2,34 \times 22,046 \times 0,35 = 18,06$  долл  
Дефицит = 29,51 долл/т  
Доля вклада от Pb = 18,06 долл/т  
Требуемая доля вклада от Ag = 11,45 долл/т  
Извлекаемое Ag = 100,94 г/т  
в унциях/т Ag =  $100,94/31,1 = 3,25$  унций/т Ag

Цена Ag при безубыточной эксплуатации =  $\frac{11,45 \text{ долл/т}}{3,25 \text{ унций/т}} = 3,52$  долл/унцию

4. При той же цене на Zn (50 центов/фунт) выбираем 2-ой вариант цены на Pb, например, 10 центов/фунт. Снова рассчитываем доход от Pb и Ag, как показано ниже:

a) Требуемая доля вклада от Pb и Ag - 29,51 долл/т  
b) Цена на Pb 00,10 долл/фунт  
c) Доход от Pb =  $2,34 \times 22,046 \times 0,10 = 5,16$  долл/т  
d) Дефицит =  $29,51 - 5,16 = 24,35$  долл/т  
e) Требуемая доля вклада от Ag = 24,35 долл/т

- f) Извлекаемое Ag = 3,25 унций/т
- g) Цена Ag при безубыточной эксплуатации =  $24,35/3,25 = 7,49$  долл/унцию

Для проверки кривой рассчитывается 3-ья точка.

- a) Требуемая доля вклада от Pb и Ag = 29,51 долл/т
- b) Цена на Pb (третья точка) = 00,20 долл/фунт
- c) Доход от Pb =  $2,34 \times 22,046 \times 0,20 = 10,32$  долл/т
- d) Дефицит =  $29,51 - 10,32 = 19,19$  долл/т
- e) Требуемая доля вклада от Ag = 19,19 долл/т
- f) Извлекаемое Ag = 3,25 унций/т
- g) Цена Ag при безубыточной эксплуатации:  $19,19/3,25 = 5,91$  долл/унцию

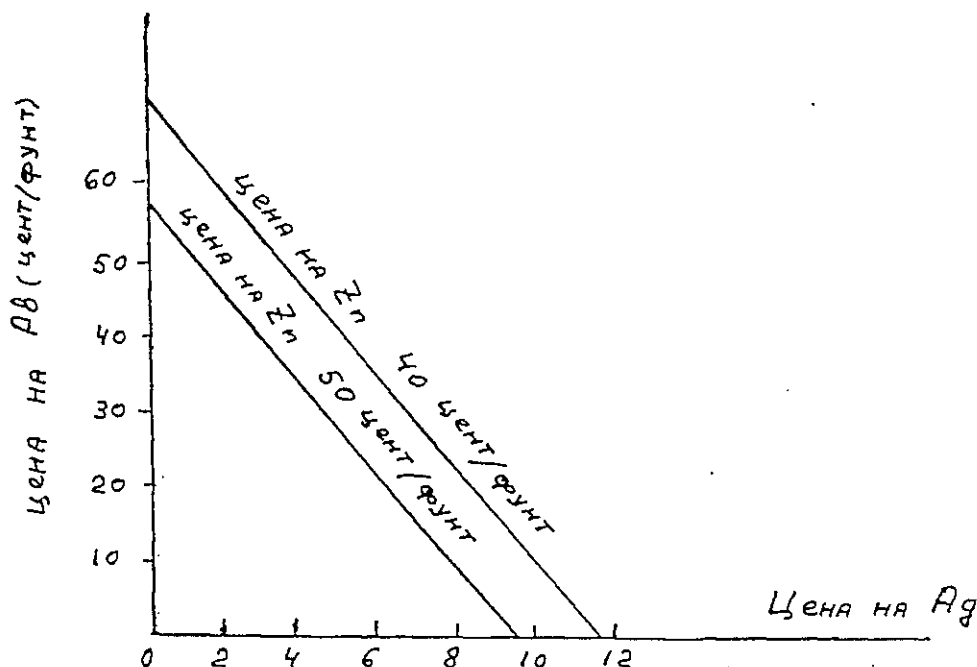
Построить 2-ую кривую по Zn при цене на Zn, равной 40 центов/фунт.

В общем случае расчет имеет вид:

- a) Доход от Zn =  $3,22 \times 22,046 \times 0,40 = 28,37$  долл/т
- b) Произв.затраты в точке безубыточности = 65,00 долл/т
- c) Дефицит  $65,00 - 28,37 = 36,63$  долл/т
- d) Требуемая доля вклада от Pb и Ag для обеспечения безубыточности = 36,63 долл/т
- e) Доход от Pb при цене Pb 35 центов /фунт = 18,06 долл/т
- f) Дефицит  $36,63 - 18,06 = 18,57$  долл/т
- g) Требуемая доля вклада от Ag = 18,57 долл/т
- h) Извлекаемое Ag = 3,25 унций/т
- i) Цена Ag при безубыточной эксплуатации ("безубыточная цена")  $18,57/3,25 = 5,71$  долл/унцию

КРИВАЯ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ДЛЯ Pb-Zn-Ag МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Товарный продукт - Zn  
по 40 и 50 центов/фунт.  
Безубыточность при 65 долл/т



Для получения 2-ой точки на кривой Zn при цене 40 центов /фунт :

- a) Требуемая доля вклада от Pb и Ag = 36,63 долл/т
- b) Доход от Pb при цене 10 центов/фунт = 5,16 долл/т
- c) Доля вклада от Ag 36,63 - 5,16 = 31,47 долл/т
- d) Извлекаемое Ag = 3,25 унций/т
- e) "Безубыточная цена" Ag 31,47/3,25 = 9,68 долл/унцию

Компенсация за падение цены на Zn. Таблица пересчета  
Предположим, что цена на цинк упала на 10 центов/фунт. На сколько должны подняться цены на Pb и Ag, чтобы компенсировать потерю прибыли?

1. Потеря прибыли из-за падения цены на Zn на 10 центов/фунт.

$$3,22 \times 22,046 \times 0,10 = 7,10 \text{ долл/т}$$

2. Чтобы рассчитать увеличение цены на Pb, необходимо

$$2,34 \times 22,046 \times \text{цент/фунт} = 7,10 \text{ долл/т}$$

$$\text{цент/фунт} = 7,10 / 2,34 \times 22,046 = 14 \text{ центов/фунт}$$

Цена на Pb должна увеличиться на 14 центов/фунт

3. Увеличение цены на Ag

$$3,25 \times \text{долл/унцию} = 7,10$$

$$\text{в долл/унцию} = 7,10 / 3,25$$

Цена на Ag должна увеличиться на 2,18 долл/унцию

Таблица перевода для полиметаллического Pb-Zn-Ag м-ния

	Zn	Pb	Ag
	цент/фунт	цент/фунт	цент/фунт
Zn цент/фунт	-10	+10	+2,18
Pb цент/фунт	-10	+ 7,3	+1,59
Ag долл/унцию	-1	+ 4,6	+1

Товарные содержания:

3,22% Zn

2,34% Pb

3,25 унций/т Ag

Повторяем расчет для свинца и серебра.

Предположим, что цена на свинец упала на 10 центов/фунт

1. Потеря прибыли из-за падения цены Pb на 10 центов/фунт составит:

$$2,34 \times 22,046 \times 0,10 = 5,16 \text{ долл/т}$$

2. Для расчета увеличения цены на Zn

$$3,22 \times 22,046 \times \text{цент/фунт} = 5,16 \text{ долл/т}$$

$$\text{цент/фунт} = 5,16 / 3,22 \times 22,046 = 7,3$$

Цена на Zn должна увеличиться на 7,3 цента/фунт.

3. Увеличение цены на Ag

$$5,16 / 3,25 = 1,59 \text{ долл/унцию}$$

Цена на Ag должна увеличиться на 1,59 долл/унцию

Предположим, что цена на серебро упадет на 1 долл/унцию

1. Потеря прибыли из-за падения цены на Ag на 1 долл/унцию составит:

$$3,25 \times 1,0 = 3,25 \text{ долл/т}$$

2. Увеличение цены на Zn

$$3,22 \times 22,046 \times \text{цент/фунт} = 3,25 \text{ долл/т}$$

$$3,25 / 3,22 \times 22,046 = 4,57 \text{ цента/фунт}$$

Цена на Zn должна увеличиться на 4,6 цента/фунт

3. Увеличение цены на Pb

$$2,34 \times 22,046 \times \text{цент/фунт} = 3,25 \text{ долл/т}$$

$$3,25 / 2,34 \times 22,046 = 6,3$$

Цена на Pb должна увеличиться на 6,3 цента/фунт

В этом разделе будет рассматриваться техника планирования, которое будет влиять на экономические показатели месторождения. Речь пойдет о бортовом содержании и линейной оптимизации на основе сравнения различных вариантов разработки.

#### А. Бортное содержание.

##### Бортное содержание при подземном способе отработки.

Пример расчета: Необходимо определить бортное содержание для рудника, разрабатывающего месторождение золота.

Исходные данные: Производственные расходы на добычу

и переработку	95 долл./т
Цена на золото	350 долл. за унцию
Извлечение при обогащении	92%
Разубоживание при добыче	12%

Результаты: 1. Выразим производственные расходы в г/т Au

$$\begin{aligned} \text{Производственные расходы} &= \frac{\text{Производственные расходы в долл.}}{\text{Цена на золото}} \\ &= \frac{95}{350} \cdot 31,1 = 8,44 \text{ г/т} \end{aligned}$$

2. Учитываем извлечение и разубоживание

Бортное содержание, рассчитываемое на основе производственных расходов:

$$\begin{aligned} &\frac{\text{производственные расходы (г/т)}}{\text{коэффициент извлечения при обогащении}} \cdot \text{разубоживание} = \\ &= \frac{8,44}{0,92} \cdot 1,12 = 10,26 \text{ г/т} \end{aligned}$$

Таким образом, на руднике должно быть принято бортное содержание металла 10,3 г/т.

##### Бортное содержание при разработке открытым способом

##### Пределное значение отношения "погода:руда"

Отношение "погода: руда" будет сильно влиять на величину производственных расходов при открытой разработке. Чем глубже карьер, тем

большие значения принимает эта величина и тем выше производственные расходы. Предельная глубина карьера часто определяется бортовым содержанием, т.е. предельным значением отношения "порода : руда". Бортовое содержание должно обеспечивать полную компенсацию производственных расходов.

Пример расчета: Карьером разрабатывается стратиформное золоторудное месторождение. Управление компании поставило задачу перерассчитать следующие величины:

- предельное отношение "порода : руда", приведенное к 1 т руды
- максимальную допустимую по экономическим соображениям глубину карьера

Исходные данные: Угол падения рудного тела	60°
Ширина разрабатываемой зоны	10 м
Наклон стенок уступов	45°
Содержание в руде	5 г/т
Разубоживание	15%
Извлекаемость при обогащении	90%

Производственные расходы:

Добыча /породе + руда/	1,50 долл за тонну
Измельчение и обогащение	25 долл./т
Накладные расходы	9 долл./т
Цена на золото	350 долл./унция

Результаты расчетов:

I. Пересчитываем доход от добычи 1 т руды

содержание в руде в недрах	5 г/т
разубоживание	15% (0,15), т.е.
на переработку пойдет $1 + 0,15 = 1,15$ т горной массы	
извлечение металла 90% от 5 г/т =	4,5 г/т извлекаемого содержания

Де Бирс Сентенари Лтд. Москва



Доход на 1 т золотой руды =  $\frac{5 \times 0,9 \times 350}{1,15 \times 31,1} = 44,04$ , т.е. около 44,0 долл./т

Производственные расходы при открытой разработке	долл./т
Доход	44,0
Расходы на измельчение и обогащение	25,0
Накладные расходы	9,0
Остаток, необходимый для покрытия производственных затрат на добычу руды в карьере	10 долл/т
Производственные расходы на добычу руды	1,5 долл./т
Объем горной массы, которая может быть добыта таким образом, чтобы затраты на добычу покрывались прибылью от извлечения золота из 1 т руды:	$\frac{10,0}{1,5} = 6,7$ , т.е. около 7 т.

Таким образом предельное отношение "порода : руда" должно быть 6:1

3. Рассчитываем максимальную экономически целесообразную глубину карьера при отношении "порода : руда" = 6:1

Для углубления  $\Delta h$  E = 1 м площадь на разрезе, отвечающая безрудным породам равна  $\Delta h A \times h$  (h - расстояние по вертикали от поверхности).

При отношении "порода : руда" = 6:1 решаем уравнение:

$$\frac{6}{1} = \frac{h \times 1,15}{10 \times 1,15} \quad h = 60$$

Таким образом, максимальная глубина карьера будет 60 м.

4. Рассчитываем среднее отношение "порода : руда".

Для этого необходимо построить разрез через рудное тело и вмещающие его породы при максимальной глубине карьера.

Площадь, отвечающая в разрезе рудному телу =  $10 \times 1,15 \times 60 = 690 \text{ м}^2$

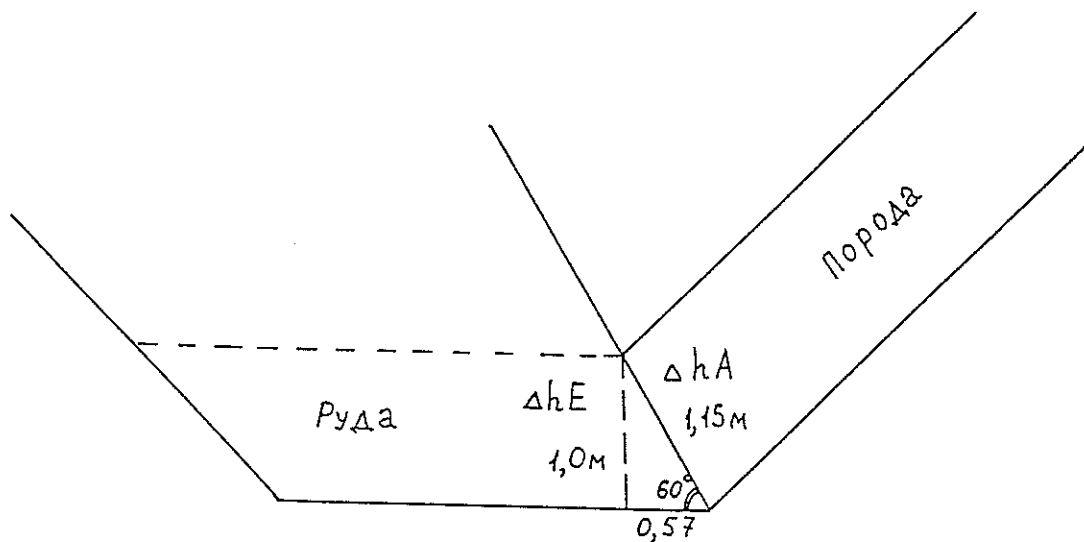
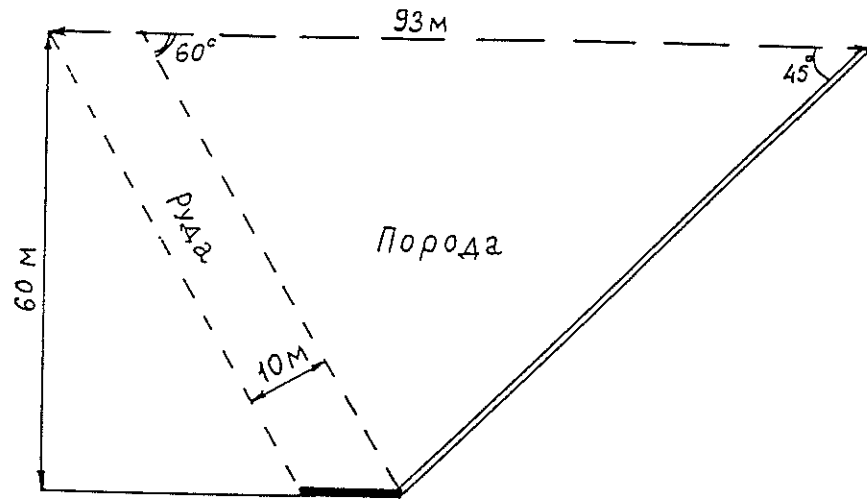
Площадь, отвечающая безрудным породам =  $\frac{33 \times 60}{2} = 2790 \text{ м}^2$

Таким образом, отношение "порода : руда" в среднем составит

$$\frac{2790}{690} = 4,04, \text{ т.е. около } 4:1$$

Гортовое содержание при расчете открытым способом

1. Гортовое содержание в лемаче боку рудного тела.



$$\Delta h A = \frac{1}{\sin 60^\circ} = 1,15$$

Бортовое содержание зависит от глубины карьера, поскольку расходы на добычу руды возрастают с глубиной. Для приблизительных расчетов могут использоваться отношения "порода : руда".

В предыдущем случае мы имели следующие данные:

Затраты на обогащение: 25,0 долл./т

Накладные расходы 9,0 долл./т

Затраты на добычу при предельном отношении

"порода : руда" = 4:1 и затратах на добычу 1 т горной массы 1,5 долл./т  $\frac{7,5 \text{ долл./т}}{(1,5 \times 5)}$

Итого: 41,5 долл./т, т.е. примерно 42 долл./т

При цене золота 350 долл./унция, 15%-ном разубоживании и 90%-ном извлечении при обогащении можно рассчитать бортовое содержание.

Бортовое содержание =

$$= \frac{\text{производственные расходы} \times \text{разубоживание}}{\text{цена золота /долл. за грамм/} \times \text{извлечение}} = \frac{41,5 \times 1,15}{350/31,1 \times 0,90} = \frac{47,73}{10,13} = 4,71 \text{ г/т}$$

Таким образом, бортовое содержание /для лежащего бока рудного тела/ равно 4,7 г/т Au.

2. Бортовое содержание для висячего бока рудного тела.

При определении бортового содержания в висячем боку рудного тела надо помнить, что его породы все равно должны будут извлекаться, погружаться в самосвалы и перевозиться не зависимо от того, представляют ли они собой безрудные породы или руду. Поэтому при расчетах бортового содержания будут приниматься во внимание только расходы на обогащение (в нашем случае 25 долл./т). Таким образом для висячего бока рудного тела бортовое содержание равно

$$\frac{\text{затраты на обогащение} \times \text{разубоживание}}{\text{цена на золото} \times \text{извлечение при обогащ.}} = \frac{25 \times 1,15}{350/31,1 \times 0,90} = \frac{28,75}{10,13} = 2,8 \text{ г/т}$$

Итак, мы имеем сортовое содержание в висячем боку рудного тела 2,8 г/т, а в лежащем - 4,7 г/т. Участки рудного тела, где содержание попадает в этот интервал, разрабатываются, а добытая руда отправляется на рудный склад. Позднее эти руды могут вовлекаться в переработку, если цена на золото возрастет или расходы на обогащение снизятся.

#### Е. Линейная оптимизация

Обогатительная фабрика иногда обслуживает несколько рудных залежей. Рудные тела могут разрабатываться параллельно с целью обеспечения оптимальных результатов при измельчении руд и их обогащении.

В приведенном ниже примере мы будем иметь дело с оптимальной разработкой двух рудных тел.

Исходные данные для оценки проекта:

- проект предусматривает создание одной обогатительной фабрики для руд нескольких рудных тел;
- стратегия компании состоит в том, чтобы разрабатывать одну залежь подземным способом, а другую - открытым;
- открытым способом будут разрабатываться окисные руды с содержанием 5 г/т, а подземным способом будут отрабатываться сульфидные руды, содержащие 10 г/т золота;
- проект фабрики предусматривает переработку либо 100000 т в год первичных руд, либо 150000 т в год окисных руд. Добыча планируется на уровне 70000-35000 т/год на подземном руднике (у) и 80000-20000 т/год в карьере (х);
- цена на золото - 400 долл./унция.

Необходимо рассчитать оптимальные размеры добычи для подземного рудника и карьера.

Результаты расчетов по оценке проекта.

I. Нанесение на диаграмму минимальных и максимальных значений добычи.

у - добыча /т/ на подземном руднике; х - добыча /т/ в карьере.

Соотношения размеров добычи следующие:  $50000 > x > 30000$  /карьер/ и

70000 > y > 35000 /подземный рудник/.

Таким образом, максимальные и минимальные размеры добычи будут составлять:

$x_1 = 20000$  - минимальная добыча в карьере

$x_A = 50000$  - максимальная добыча в карьере

$y_1 = 35000$  - минимальная добыча подземным способом

$y_A = 70000$  - максимальная добыча подземным способом

Наносим на график линии, отвечающие этим уравнениям.

## 2. Определение максимальной мощности фабрики.

По проекту максимальная мощность фабрики, перерабатывающей руды составляет  $y_{max} = 100000$  т/год руды из подземного рудника

$x_{max} = 150000$  т/год руды из карьера

На рисунке обозначена область, в пределах которой находятся все возможные варианты соотношения добычи на обоих рудниках. Уравнение максимальной мощности фабрики будет выглядеть следующим образом:

$$y = ax + b, \text{ где } a = -\frac{100000}{150000} = -\frac{2}{3}, \text{ а } b = 100000.$$

Таким образом,  $y = -\frac{2}{3}x + 100000$  (1)

## 3. Определение оптимальных размеров добычи руды в карьере и на подземном руднике, обеспечивающей наибольшую прибыль.

3.1 Оптимизируем производственную прибыль от добычи и переработки руд.

Уравнение для расчета общей производственной прибыли:

$$P_t = xP_0 + yP_M, \text{ где} \quad (2)$$

$P_t$  - общая производственная прибыль,

$P_0$  - прибыль от 1 т руды, добытой в карьере,

$P_M$  - прибыль от одной тонны руды, добытой на подземном руднике,

при этом, если  $P_0$  и  $P_M$  считаются постоянными при заданных значениях  $x$  и  $y$ , то тремя неизвестными будут  $P_t$ ,  $x$  и  $y$ .

Уравнение (2) может быть записано в виде

$$y = -\frac{P_0}{P_M}x + \frac{P_t}{P_M} \quad (3)$$

Чем выше и левее смещается "линия", тем выше величины  $x$  и  $y$  и больше производственная прибыль  $P$ . Существует три оптимальных решения.

а) если  $-\frac{P_0}{P_M}$  ориентирована положе, чем линия  $EF$ , т.е. это отношение меньше  $-2/3$ , то линия максимальной прибыли проходит через точку  $E$ , т.е. эта точка отвечает оптимальной комбинации уровней добычи руд в карьере и на подземном руднике.

б) если  $-\frac{P_0}{P_M}$  ориентирована круче линии  $EF$ , т.е. это отношение превышает  $-2/3$ , то линия максимальной прибыли проходит через точку  $F$ , т.е. эта точка отвечает оптимальной комбинации уровней добычи в карьере и на руднике подземном.

в) если  $-\frac{P_0}{P_M}$  имеет тот же наклон, что и линия  $EF$ , т.е. это отношение равно  $-2/3$ , то любая точка между  $E$  и  $F$  дает комбинацию уровней добычи в карьере и на подземном руднике, обеспечивающую одну и ту же оптимальную прибыль.

3.2 Анализируем  $P_0$ -производственную прибыль, получаемую в карьере и  $P_M$ -производственную прибыль, получаемую на подземном руднике.

Производственная прибыль = доходы - производственные расходы

Прибыль = доходы - расходы

- доход от  $I$  т является функцией содержания, коэффициента извлечения, но не объема добычи
- производственные расходы для карьера зависят от соотношения "порода : руда", т.е. являются постоянными
- производственные расходы на переработку руды зависят от объема производства на фабрике
- производственные расходы на подземном руднике являются функцией объема добычи.

Используя перечисленные выше параметры, можно отдельно рассчитать производственные прибыли для карьера ( $P_0$ ) и подземного рудника ( $P_M$ ).

Данные, отвечающие точкам  $E$  и  $F$ , выглядят следующим образом:

точка Е: добыча на подземном руднике	70000 т/год
добыча в карьере	45000 т/год
объем производства на фабрике	115000 т/год
точка F: добыча на подземном руднике	47000 т/год
добыча в карьере	80000 т/год
объем производства на фабрике	127000 т/год

3.3 Определение дохода на 1 т руды при извлекаемости при обогащении 90% (0,9).

$$\text{Доход от 1 т руды} = \frac{\text{содержание (г/т)} \times \text{коэфф. извлечения} \times \text{цена на золото}}{31,1 \text{ ( унции переводятся в граммы)}}$$

$$\begin{aligned} \text{Доход от одной тонны руды, добытой подземным способом (М)} &= \\ &= \frac{10 \times 0,9 \times 400}{31,1} = 115,7 \text{ долл./т} \end{aligned}$$

$$\text{Доход от 1 т руды из карьера} = \frac{5 \times 0,9 \times 400}{31,1} = 57,9 \text{ долл./т}$$

3.4 Добыча руды в карьере обходится в 22 долл./т при масштабах добычи 45000-80000 т/год.

3.5 Расходы на добычу руд подземным способом и их переработку определяются по кривым степенных функций или прямыми расчетами и составляют:

для точки Е- добыча на подземном руднике	70000 т/год
	55 долл./т
объем производства на фабрике	115000 т/год
	20 долл./т
для точки F: добыча на подземном руднике	47000 т/год
	55 долл./т
объем производства на фабрике	127000 т/год
	19 долл./т

3.6 Расчет производственной прибыли на 1 т руды для точки Е и F. Общая формула:

Производственная прибыль = доход - затраты на добычу - затраты на обогащение.

Для точки E:  $-P_{oc} = 57,9 - 22,0 - 20,0 = 15,9$ , т.е. около 16 долл./т

$P_{цг} = 115,7 - 40,0 - 20,0 = 55,7$ , т.е. около 56 долл./т

Для точки F:  $P_{oc} = 57,9 - 22,0 - 19,0 = 16,9$ , т.е. около 17,0 долл./т

$P_{цг} = 115,7 - 55,0 - 19,0 = 41,7$ , т.е. около 42 долл./т

3.7 Определение линии оптимальной прибыли (уравнение 3).

$$y = - \frac{P_o}{P_{\mu}} x + \frac{P_t}{P_{\mu}}$$

Для т. E:  $y = - \frac{16}{56} x + \frac{P_t}{56}$

Для т. F:  $y = - \frac{17}{42} x + \frac{P_t}{42}$

3.8 Определение углов наклона графиков функций по сравнению с линией EF.

Для линии EF наклон определяется как  $-\frac{2}{3} = -0,67$

Для точки E:  $-16/56 = -0,29$

Для точки F:  $-17/42 = -0,41$

Таким образом, для линии, проходящей через точку E наклон наименьший. Следовательно, в точке E прибыль будет максимальной и ей отвечает уровень добычи в карьере 45000 т/год и на подземном руднике 70000 т/год. Общая производственная прибыль (уравнение 2) составит:

$$P_t = x P_o + y P_{\mu} = 45000 \times 16 + 70000 \times 56 = 4,64 \text{ млн. долл./год}$$

4. Нанесение линий трендов  $y = ax + b$

а) через т. E ( $a = -16/56$ ); графически получаем  $y = 22000$  т/год т.е.  $b = 22000$  т/год

б) то же самое делаем для т. F

Рассчитываем  $P_t$  для т. E:

Добыча на подземном руднике = 70000 т/год при расходах 56 долл./т

Добыча в карьере = 45000 т/год при расходах 22 долл./т

Объем производства фабрики = 120000 т/год при расходах 19 долл./т

Де Лиге Сентенари Ртд. Москва



Производственная прибыль в т.Ф :

Производственная прибыль = доход - затраты на добычу - затраты на  
обогащение

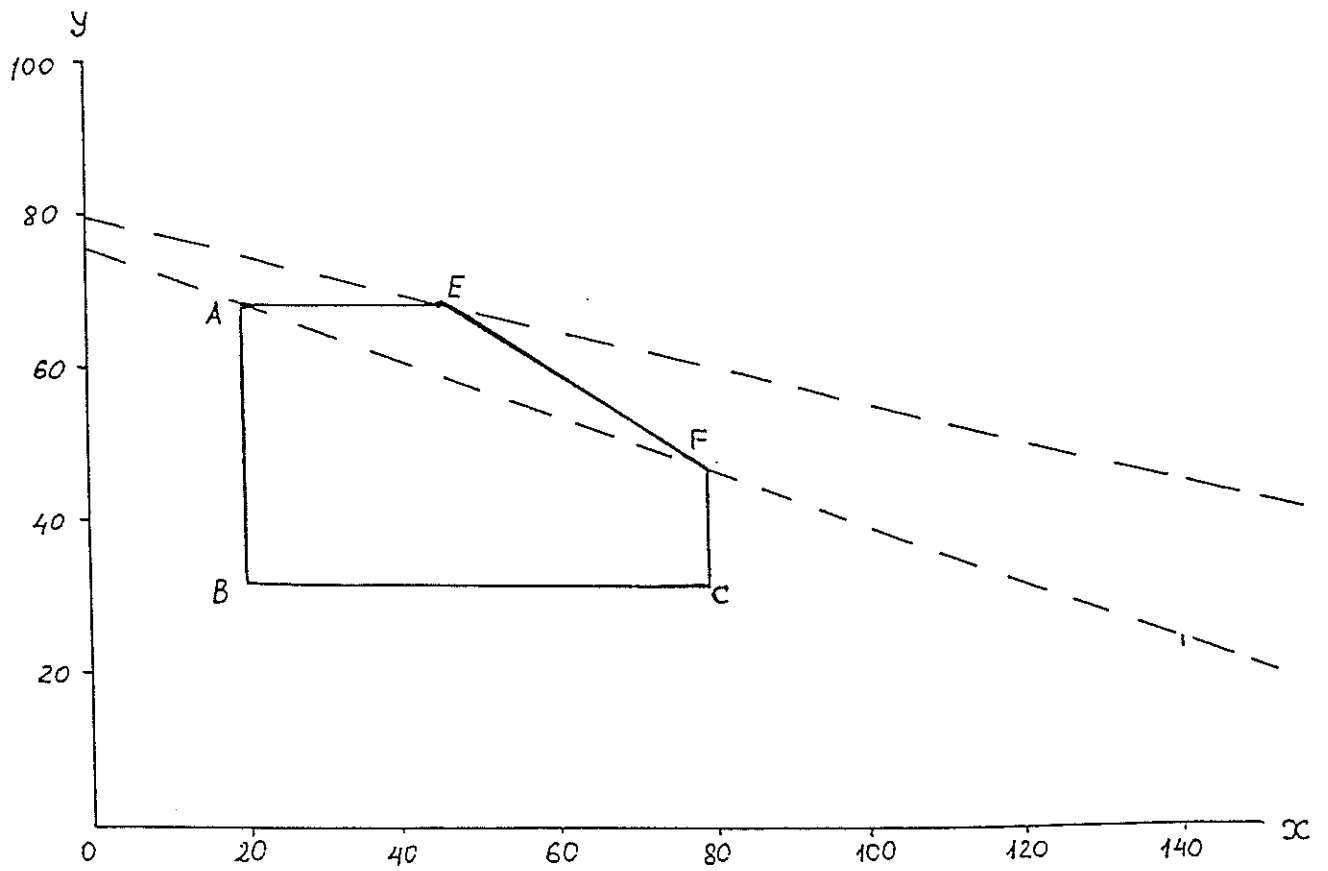
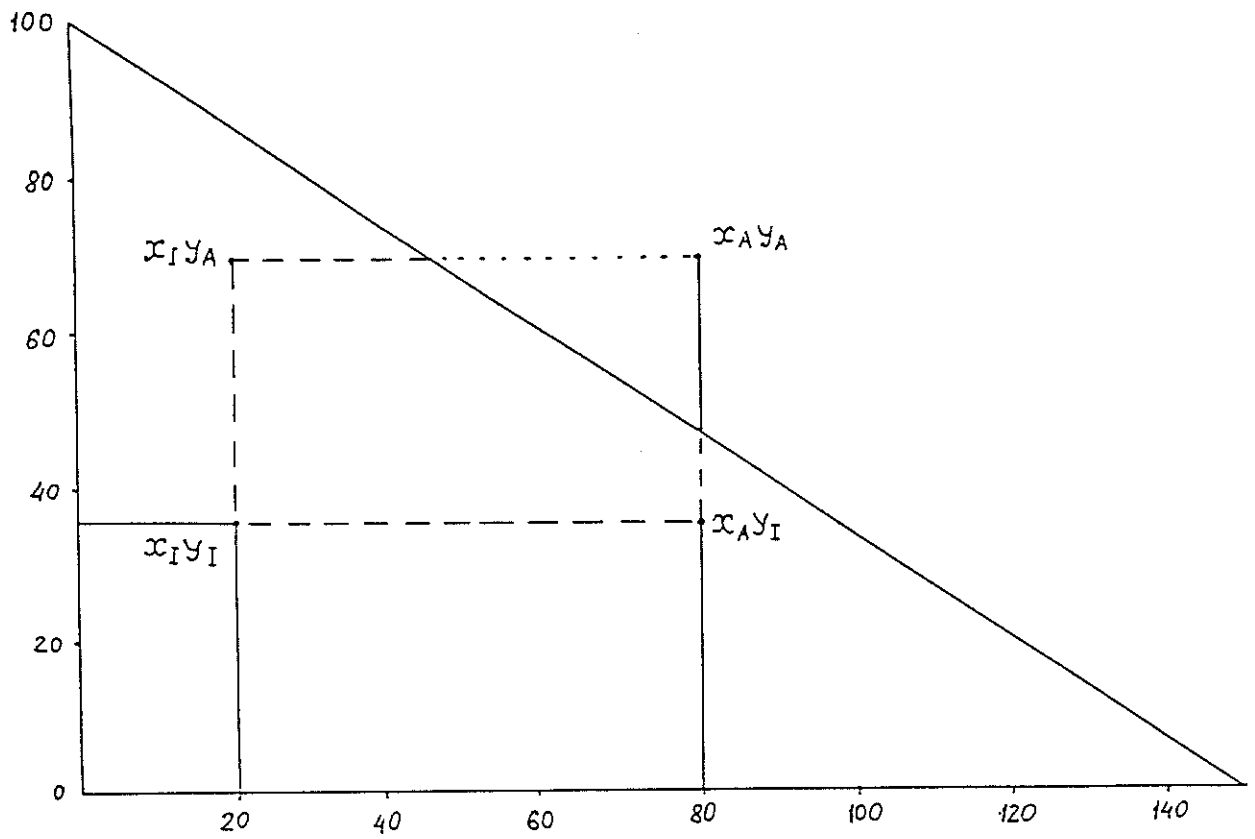
$$P_{oc} = 57,9 - 22,0 - 19,0 = 17 \text{ долл./т (карьер)}$$

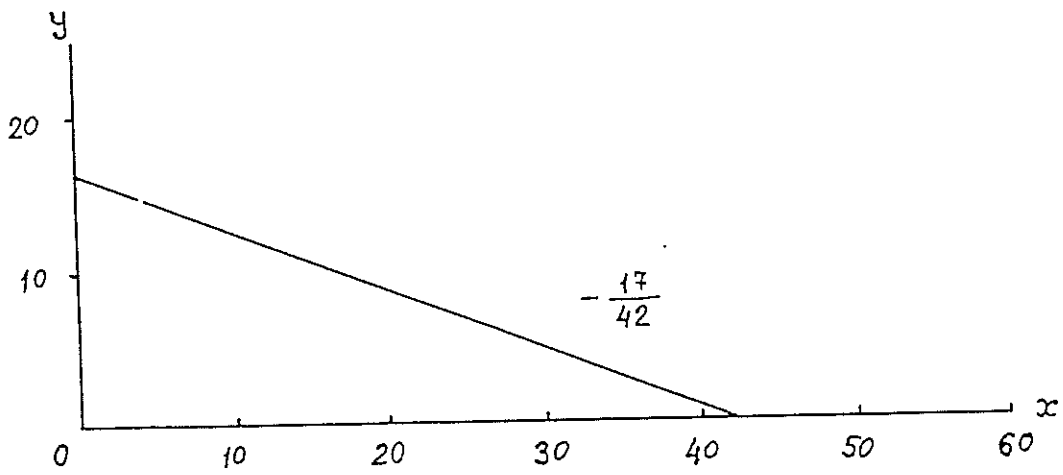
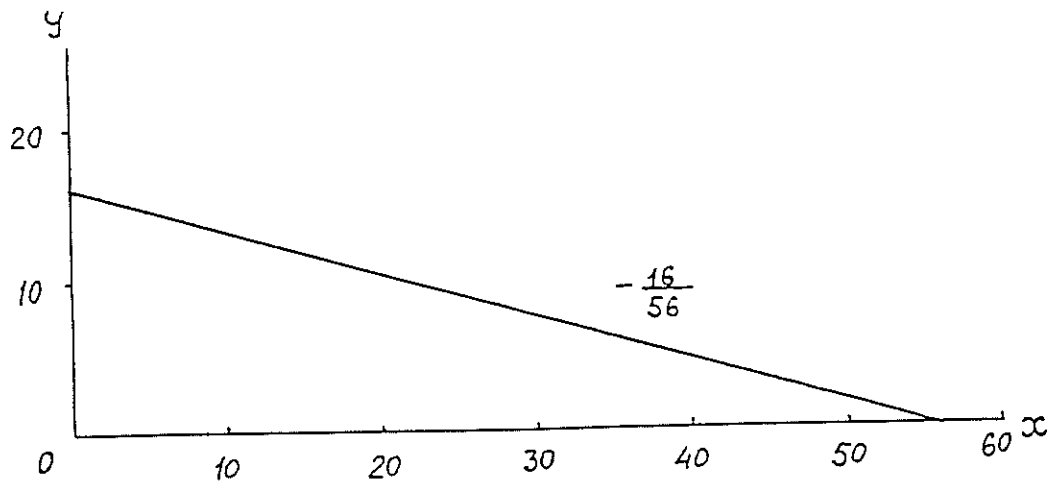
$$P_{ug} = 115,7 - 55,0 - 19,0 = 42 \text{ долл./т (подземный рудник)}$$

Проектируемая прибыль:

$$P_t = xP_o + yP_{\mu} = 80000 \times 17,0 + 47000 \times 42 = 3,33 \text{ млн. долл.}$$

Де Бирс Сентенари Лтд. Москва





## ОЦЕНКА ГОРНОРУДНЫХ ПРОЕКТОВ

Оценка участков производится горнорудными компаниями для различных целей, например:

- при рассмотрении возможностей инвестирования по одному участку или по группе участков;
- при изучении возможности освоения нового объекта или расширения существующего.

Основной задачей при этом является увеличение доходов держателей акций, т.е. вложить инвестиции таким образом, чтобы их ценность для держателей акций превышала стоимость расходов по инвестициям. Решение об инвестировании отражает разницу между ценностью объекта и его стоимостью.

Этой разнице между ценностью и стоимостью придается большое значение. Ежегодный финансовый отчет компании обычно оперирует со стоимостью и мало отражает ценность объекта.

Ценность объекта заключается в его будущем, поскольку он обладает потенциалом создавать денежные средства в будущем. В горнорудной промышленности при долгосрочных инвестициях это означает, что объект (рудное месторождение) будет приносить деньги в течение многих лет. При определении ценности объекта необходимо рассматривать будущие потоки денежной наличности. Сначала рассматриваются будущие денежные потоки, затем они дисконтируются и приводятся к современному уровню, т.е. определяется современная стоимость будущих потоков. Этот вид анализа известен как анализ дисконтированного денежного потока (discounted cash flow - DCF). В данном разделе рассматривается практическое применение этой методики.

### АНАЛИЗ ДИСКОНТИРОВАННОГО ДЕНЕЖНОГО ПОТОКА (DCF)

#### Будущий чистый денежный поток . . . (годовая прибыль)

Проведение надежного расчета DCF является нелегкой задачей. Необходимо изучить фундаментальные основы анализа DCF. Прежде всего, анализ DCF необходим в случаях, когда требуется платить по счетам; во-вторых, при таком анализе обычно имеют дело не с финансовыми обязательствами или накоплениями, а только со стоимостью в денежном выражении.

В бизнесе проблема заключается в том, что руководители настолько привыкают к изучению бухгалтерских отчетов, что часто не замечают разницу между бухгалтерской прибылью и денежным потоком

#### Денежный поток после налогообложения . . . (чистая прибыль)

Поскольку расчет налогов всегда очень сложен и вызывает большие трудности, то, как правило, расчет денежных потоков производится до налогообложения. При этом делается попытка осуществлять компенсацию за счет повышения учетного процента (ставки дисконта).

Однако, это некорректный подход, так как:

1. Уплата налогов и соблюдение срока уплаты являются основными факторами в бизнесе, связанном с инвестициями;
2. Отсрочка налогов или налоговые льготы могут оказать существенное влияние на жизнеспособность проекта;
3. Отсутствует надежный способ регулирования учетной ставки (процента дисконта).

#### Прирост денежного потока . . . (прибыли)

При оценке инвестиционных проектов изучается денежный поток до инвестиций и в случае, если инвестиции будут сделаны.

Именно эта разница между двумя денежными потоками, т.е. прирост

потока, влияет на принятие решения об инвестициях. Иногда не представляется возможным вычислить прирост потока; в этом случае сравниваются два проекта по этапам. При проведении финансового анализа целесообразно изучить типовой случай, чтобы определить, присутствуют ли денежные потоки.

При расчетах с уклоном на приростный денежный поток можно избежать некоторых ошибок, связанных с анализом DCF, например:

- Издержки истекшего периода (до капиталовложений), общие для всех случаев, не могут входить в расчеты приростных денежных потоков;
- При учете административных накладных расходов последние не находят отражения в потоке денежной наличности; никакого их перераспределения не происходит; увеличение этих расходов рассматривается только в результате решения об инвестициях.

### Стоимость возможного проекта

В данном конкретном примере деньги не меняют хозяина, поскольку "имущество" уже принадлежит компании и будет "использовано", если инвестиции будут иметь место.

Эта собственность компании (основные фонды) обладает капитальной стоимостью; если она не будет использована и не войдет в состав рассматриваемых инвестиций, то ее можно использовать еще где-нибудь или продать. Смысл состоит в том, чтобы найти другую возможность применения для этого "имущества" и определить его цену при таком альтернативном использовании. Это и будет та фактическая его стоимость, которую можно использовать в рассматриваемых инвестициях и показать в денежном потоке.

Стоимость возможного проекта - это другой пример того, почему надо учитывать приростные денежные потоки.

### Денежные понятия: Реальные деньги, постоянная покупательная способность, реальные условия.

Валюта индексируется (привязывается) к конкретному году с поправкой на инфляцию и переоценку (вверх или вниз).

Текущие деньги, деньги сегодняшнего дня, обесцененные деньги (в результате инфляции), номинальные деньги.

Ценность текущих денег, их покупательная способность при торговле на местном рынке и международном.

### Текущие деньги и реальные деньги Эффект инфляции

Ситуация на конец года

Год	1990	1991	1992	1993	1994	
Коэффициент	1,1 <sup>1</sup>	1,1 <sup>2</sup>	1,1 <sup>3</sup>	1,1 <sup>4</sup>	1,1 <sup>5</sup>	
100 песо 10% инфляция	110	121	133	146	161	Текущие деньги 100 Реальные деньги
Коэффициент	1,04 <sup>1</sup>	1,04 <sup>2</sup>	1,04 <sup>3</sup>	1,04 <sup>4</sup>	1,04 <sup>5</sup>	
100 долл 4% инфляция	104	108	112	117	122	Текущие деньги 100 Реальные деньги
Курс валют 1 долл:песо	1,06	1,13	1,19	1,25	1,32	

На начало 1990 г. курс составлял 1 долл = 1 песо.

Многие аналитики игнорируют инфляцию при прогнозе денежных потоков, предпочитая работать в текущих долларах, а не в реальных деньгах.

Для серьезных целей лучше работать в текущих деньгах (подверженных инфляции), т.к. это позволяет корректировать продажные цены, стоимость комплектующих с учетом разного курса в разные годы. Налоговые вычеты фиксируются в денежном выражении и должны подвергаться обесцениванию для реальных условий анализа. Временные задержки в денежных потоках, такие, как отсрочка уплаты налогов, могут соответствующим образом учитываться только при использовании реальных денежных понятий. И наконец, при финансировании с помощью капиталовложений предпочтительнее, если в денежных потоках будут указываться требования к бюджету; кредиты для горнорудных проектов берутся в номинальных (инфляционных) долларах. При этом учитывается повышение зарплаты, увеличение цен на товары и услуги.

#### Оценка проекта на основе акционерного финансирования

Решения об инвестициях и о финансировании должны приниматься отдельно. Инвестиции оцениваются таким образом, как если бы они финансировались на 100% акциями. Это делается постольку, поскольку на суммарный денежный поток проекта нельзя смотреть, как на денежный поток акций, который делится между теми, кто предоставил капитал.

Если проект непригоден в своей основе, то он не сможет быть улучшен и превращен в привлекательный с помощью финансирования, однако, все хорошие проекты могут финансироваться. Это зависит от рынка капитала, который связывает инвесторов с теми, кто хочет финансировать привлекательные проекты.

Если проект показал себя привлекательным на основе полного акционирования, то можно принимать к рассмотрению и другие варианты финансирования.

#### Ставка дисконта

После рассмотрения и анализа будущих денежных потоков их следует дисконтировать обратно к настоящему моменту для того, чтобы определить размер инвестиций.

Основными критериями для выбора ставки (процента) дисконта являются следующие:

- Деньги акционеров должны быть инвестированы с более высокой окупаемостью, чем это может быть достигнуто на рынке долгосрочного ссудного капитала;

- Оптимальная ставка дисконта по проекту - это возможность инвестирования в проект, а не вложения денег на рынке капитала; это ожидаемая норма прибыли по сравниваемым объектам финансирования;

- Различные формы финансирования и различные проекты имеют разную степень риска, и инвесторы требуют "премию за риск" в проектах с большей степенью риска в виде более высокой ожидаемой нормы прибыли;

- Ставка дисконта должна отражать временную стоимость денег и степень риска проекта.

Соответствующая ставка дисконта определяется внешними обстоятельствами (рынком капитала) и не имеет ничего общего с компанией, рассматривающей возможность инвестирования или окупаемости от другого вида деятельности. Ставка дисконта - это мера риска проекта.

#### Оценка стоимости приобретения объекта

В данном разделе будут рассмотрены различия между инвестированием в следующие проекты:

- Освоение или расширение горнорудных объектов;
- Приобретение действующего "бизнеса" у третьей стороны.

Ранее существовало мнение, что эти инвестиции должны оцениваться по-разному. Одна школа считает, что анализ DCF и правило NPV должны относиться ко всем инвестициям; другая группа имеет совершенно противоположный подход.

Как правило, компания рассматривает возможность капиталовложения в освоение нового объекта только после тщательного и детального анализа всех аспектов инвестирования. В то же время, при покупке акционерной компании "активные" менеджеры готовы выложить премию выше рыночной цены, даже не имея полной информации и проведя лишь поверхностный анализ. Почему же это происходит?

Одна из причин - отсутствие доступа к данным. При "недружественной" обстановке на торгах возможности "активных" менеджеров в смысле подготовки детальных прогнозов денежных потоков весьма ограничены. Таким образом, основной упор делается на опыт прошлых лет, а не на будущие перспективы. Предположение, что будущее будет таким же, как прошлое, весьма опасно.

Одно из грубых практических соображений состоит в том, что если нет возможности надежно оценить будущие денежные потоки, то лучше вообще не рассматривать вопрос о каких-либо приобретениях. Либо понятие "стратегическая выгода" должно иметь количественное выражение, либо проект отклоняется.

Возвращаясь к основной цели бизнеса - приумножить богатство держателей акций, можно сказать, что существует только 2 способа достижения этого с помощью приобретений:

1. Купить "бизнес" по цене меньшей, чем это стоит владельцу.
2. Купить "бизнес", который стоит покупателю больше, чем владельцу.

При оценке очень важно решить, к какой категории относится рассматриваемое приобретение.

## НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ КАПИТАЛОВЛОЖЕНИИ

### Анализ степени риска

В горнорудных проектах риск определяется как "неопределенность результатов капиталовложений". Риск может измеряться, как распределение вероятностей величин, характеризующих ценность проекта, т.е. NPV и IRR.

Риск может быть охарактеризован количественно с помощью определения стандартного отклонения значений возможной ценности проекта, т.е. величин NPV и IRR.

Оценка возможной неудачи проекта может быть выражена с помощью коэффициента вариации, представляющего собой отношение стандартного отклонения к среднему значению, т.е.

$$CV = \frac{SD}{M}$$

Неопределенность инвестирования может быть вызвана следующими причинами:

- Недостаточность надежных технико-экономических данных;
- Неквалифицированная администрация и рабочая сила;
- Отсутствие аналогичных проектов, могущих служить образцом для оценки;
- Неточное определение будущих параметров;
- Личные обстоятельства;
- Технические, финансовые и административные ошибки.

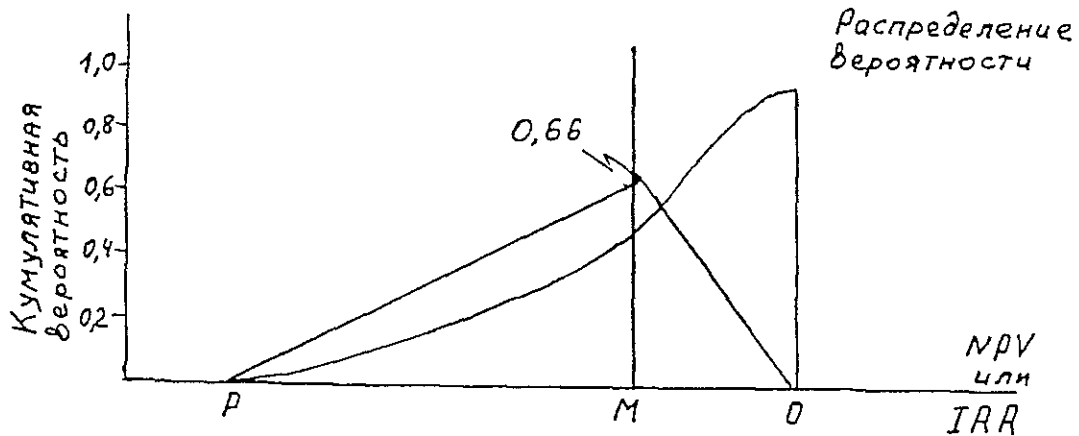
Анализ риска по 3-м вариантам

Эта методика дает картину проекта по следующим параметрам:

- пессимистическая оценка с минимальными вероятными значениями NPV и IRR;
- наилучший прогноз (общий случай), обеспечивающий наиболее вероятные значения NPV и IRR;
- оптимистическая оценка с максимальными вероятными значениями NPV и IRR.

Данный метод позволяет получить набор величин, которые могут быть представлены в виде треугольника распределений.

3-х вариантная диаграмма □



- P = пессимистическое значение NPV или IRR
- M = наилучший прогноз (общий случай) NPV или IRR
- O = оптимистическое значение NPV или IRR

Формулы:

1. Среднее значение =  $(P + M + O) / 3$
2. Стандартное отклонение

$$\text{Ст.откл} = \left[ \frac{(O-P) (O-PO+P^2) - MO(O-M) - PM(M-P)}{18(O - P)} \right]^{0,5}$$

3. V = Измеренная ценность ( либо NPV, либо IRR)
4. A =  $(V-P)/(O-P)$
5. B =  $(M-P)/(O-P)$
6. Для значений меньше среднего (M)  
Кумулятивная вероятность =  $A^2 / B$  (Значение V)
7. Для значений больше среднего (M)  
Кумулятивная вероятность =  $1 - (1-A)^2 / (1-B)$  (Значение V)

При "нормальном" распределении соответствующий коэффициент вариации для NPV может служить мерой риска.

$$CV = \text{ст.откл.} / \text{среднее}$$

3-х вариантный анализ степени риска проекта

Предположим, что компании предложен проект и она хочет оценить его с точки зрения влияния неопределенностей в отношении:

- капитальных затрат (больше и меньше расчетных);
- эксплуатационных затрат (больше и меньше расчетных);
- срока эксплуатации;
- стоимости природоохранных мероприятий.



Стоимость капитала (процент дисконта, предельная ставка) принимается равной 20%  
 Обобщенные финансовые параметры:  
 Исходные данные:

Параметры	Пессим. Р	Общий случай М	Оптимист. О
Кап.затраты , млн долл	25	20	15
Денежный поток/год , млн долл	8	10	12
Природоохранные меро- приятия, млн долл	3,5	2,5	1,5
Срок эксплуатации, год	3	4	5

Четыре отдельных параметра используются для расчета NPV (20 %) и IRR в течение срока эксплуатации объекта. При этом они отклоняются на 20% и 40% ( в положительную и отрицательную сторону ) от общего случая.

Экономические показатели (используемые в расчетах)

	Пессим. Р	Общий случай М	Оптимист. О
Окупаемость, год	нет	2,0	1,25
NPV 20%	-10,2	4,7	15,3
IRR %	-10,1	32,4	69,5
Срок эксплуатации, год	3	4	5

Экономические показатели. Общий случай.  
 Пример расчета. Неравномерный денежный поток  
 NPV

	$y^{-1}$	1 год	2 год	3 год	4 год
NC	(20)	10	10	10	7,5
DF 20%		0,833	0,694	0,579	0,482
$q^{-n}$ NC	(20)	8,33	6,94	5,79	3,62
				ИТОГО $\Sigma$	24,68

$$NPV = \sum (q^{-n} \cdot NC) - I = 24,68 - 20 = 4,68$$

IRR

При (20%)  $I - \sum (q^{-n} \cdot NC) = 20 - 24,68 = - 4,68$

При (35%)

	1 год	2 год	3 год	4 год
NC	10	10	10	7,5
DF (35%)	0,741	0,549	0,406	0,301
$q^{-n} \cdot NC$	7,41	5,49	4,06	2,26
ИТОГО $\Sigma$	19,22			

При (35%)  $I - \sum (q^{-n} NC) = 20 - 19,22 = + 0,78$

$$\begin{aligned} \text{IRR (интерполяция)} &= \frac{I - \sum (35\%)}{\sum (20\%) - \sum (35\%)} \times (35\% - 20\%) = \\ &= \frac{20 - 19,22}{24,68 - 19,22} \times (35 - 20) = 2,14 \end{aligned}$$

IRR ближайшее к 35% , т.е.  $35\% - 2,14 = 32,9\%$

Окупаемость

1 год + 2 год = 10 + 10 = 20  
I = 20                      2 года

Показатели по 3-м вариантам

	Среднее значение	Стандартное отклонение	Коеф. вариации
NPV 20%	3,27	5,28	1,61
IRR	30,6	16,26	0,53

Стандартное отклонение (NPV (20%))

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{(15 \cdot 3 - (-10 \cdot 2)(15 \cdot 3^2 - (-10 \cdot 2 \times 15 \cdot 3) + (-10 \cdot 2)^2) - 4 \cdot 7 \times 15 \cdot 3(15 \cdot 3 - 4 \cdot 7) - (-10 \cdot 2 \times 4 \cdot 7)(4 \cdot 7 - (-10 \cdot 2))}{18(15 \cdot 3 - (-10 \cdot 2))} \right]^{0,5} \\ &= \left[ \frac{(15 \cdot 3 - 10 \cdot 2)(234 \cdot 1 + 156 \cdot 1 + 104) - 71 \cdot 9(10 \cdot 5) + 47 \cdot 9(14 \cdot 9)}{18(25 \cdot 5)} \right]^{0,5} \\ &= \left[ \frac{25 \cdot 5(503 \cdot 2) - 754 \cdot 9 + 713 \cdot 7}{459} \right]^{0,5} = \left[ \frac{12,790 \cdot 4}{459} \right]^{0,5} = 27 \cdot 87^{0,5} = 5,28 \end{aligned}$$

Стандартное отклонение (IRR)

$$\begin{aligned} & \left[ \frac{69 \cdot 5 - (-10 \cdot 1)(69 \cdot 5^2 - (-10 \cdot 1 \times 69 \cdot 5) + (-10 \cdot 1)^2) - 32 \cdot 4 \times 69 \cdot 5(69 \cdot 5 - 32 \cdot 4) - (-10 \cdot 1 \times 32 \cdot 4)(32 \cdot 4 - (-10 \cdot 1))}{18(69 \cdot 5 - (-10 \cdot 2))} \right]^{0,5} \\ &= \left[ \frac{(69 \cdot 4 + 10 \cdot 1)(4830 + 701 \cdot 9 + 102) - 2251 \cdot 8(37 \cdot 1) + 327 \cdot 2(42 \cdot 5)}{18(79 \cdot 6)} \right]^{0,5} \\ &= \left[ \frac{(79 \cdot 6)(5633 \cdot 9) - 83541 \cdot 8 + 13906}{1432 \cdot 8} \right]^{0,5} = \left[ \frac{448458 - 83541 \cdot 8 + 13906}{1432 \cdot 8} \right]^{0,5} = (264 \cdot 4)^{0,5} = 16,3 \end{aligned}$$

Кумулятивная вероятность для NPV

Расчет вероятности:

1. Пусть величина (V) меньше M (4,7) (где 4,7 - среднее NPV для общего случая)

$$\begin{aligned}
 V &= +1 \\
 A &= (1 - (-10,2)) / (15,3 - (-10,2)) && (V-P)/(O-P) \\
 &= (1 + 10,2) / (15,3 + 10,2) \\
 &= 11,2 / 25,5 = 0,44 \\
 B &= (4,7 - (-10,2)) / (15,3 - (-10,2)) && (M-P)/(O-P) \\
 &= (4,7 + 10,2) / (15,3 + 10,2) \\
 &= 14,9 / 25,5 = 0,58
 \end{aligned}$$

$$\text{Кумулятивная вероятность} = A^2 / B = \frac{(0,44)^2}{0,58} = 0,33 \text{ при NPV (20\%)}$$

2. Пусть величина (V) больше M (4,7)

$$\begin{aligned}
 V &= 10 \\
 A &= (10 - (-10,2)) / (15,3 - (-10,2)) = (20,2) / (25,5) = 0,79 \\
 B &= 0,58
 \end{aligned}$$

Кумулятивная вероятность =

$$1 - \frac{(1-A)^2}{1-B} = 1 - \frac{(1-0,79)^2}{1-0,58} = 1 - \frac{(0,04)}{(0,42)} = 1 - 0,10 = 0,90$$

Кумулятивная вероятность для IRR

Расчет вероятности:

1. Пусть величина (V) меньше M (32,4)

$$\begin{aligned}
 V &= 30 \\
 A &= (30 - [-10,1]) / (69,5 - [-10,1]) \\
 &= (30 + 10,1) / (69,5 + 10,1) = 40,1 / 79,6 = 0,50 \\
 B &= (32,4 - (-10,1)) / (69,5 - (-10,1)) = 42,5 / 79,6 = 0,53 \\
 \text{Кумулятивная вероятность} &= A^2 / B = (0,50)^2 / 0,53 = 0,47
 \end{aligned}$$

2. Пусть величина (V) больше M (32,4)

$$\begin{aligned}
 V &= 50 \\
 A &= (50 - (-10,1)) / (69,5 - (-10,1)) = 60,1 / 79,6 = 0,76 \\
 B &= 0,53
 \end{aligned}$$

Кумулятивная вероятность

$$= 1 - \frac{(1-A)^2}{(1-B)} = 1 - \frac{(1-0,76)^2}{1-0,53} = 1 - \frac{0,06}{0,47} = 1 - 0,13 = 0,87$$

3. При значении V менее M (32,4), но больше ставки дисконта в 20%

$$\begin{aligned}
 V &= 21 \\
 A &= (21 + 10,1) / (69,5 + 10,1) = 0,39 \\
 B &= 0,53
 \end{aligned}$$

$$\text{Кумулятивная вероятность} = A^2 / B = (0,39)^2 / 0,53 = 0,29$$

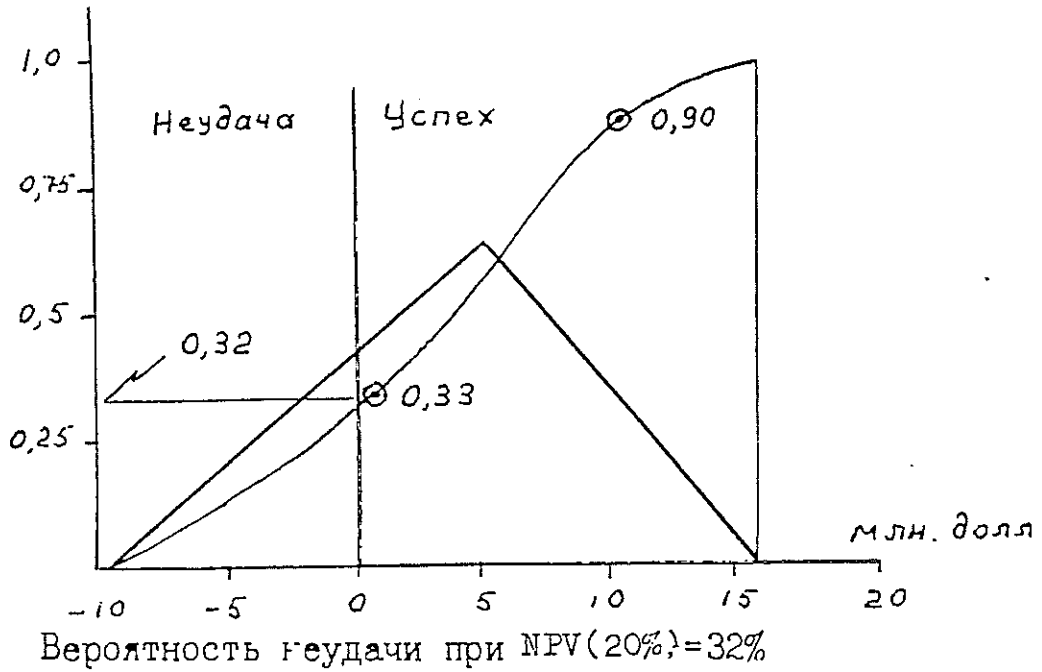
Из графиков следует, что вероятность неудачи составляет:

NPV (20%)	32%
IRR	27%

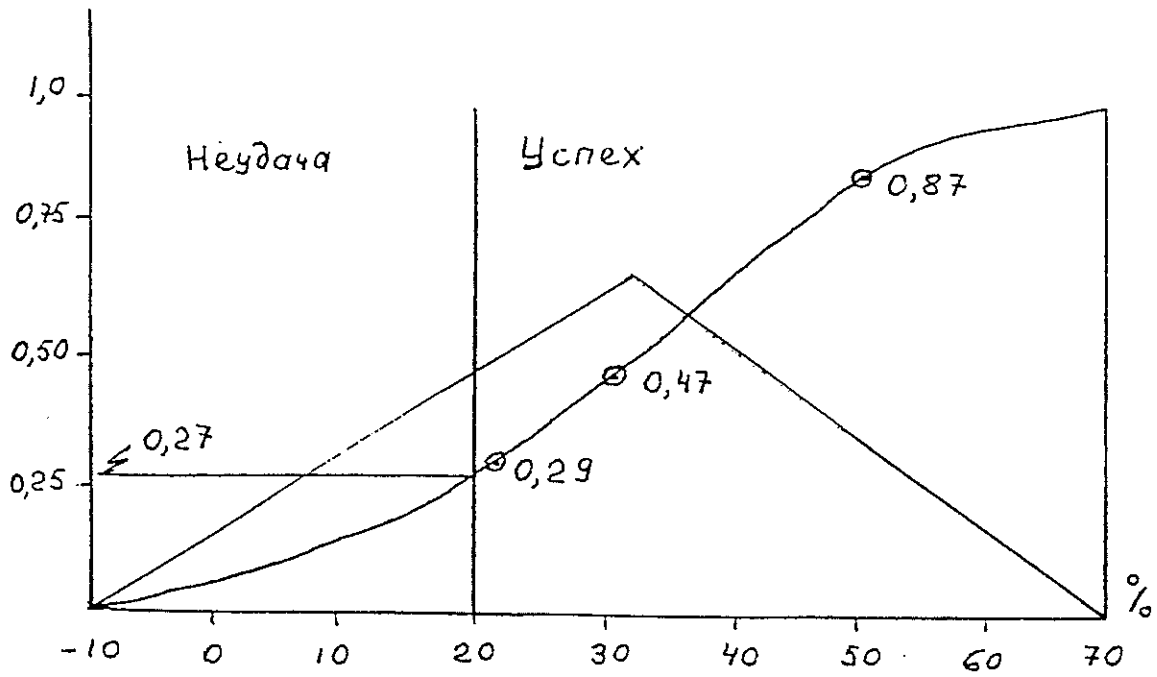
Поскольку распределение IRR часто "искажается", то рассматривается только "вероятность неудачи" для NPV, т.к. NPV характеризуется "нормальным" распределением.

NPV. 3-х вариантная диаграмма

NPV (20%)



IRR. 3-х вариантная диаграмма



Вероятность неудачи при  $IRR = 27\%$   
Вероятности IRR менее точны, чем NPV

Параметры	Пессим. Р	Общий случай М	Оптимист. О
Кап.затраты млн.долл	25	20	15
Денежный поток/год млн.долл	8	10	12
Охрана окружающей среды, млн.долл	3,5	2,5	1,5
Срок эксплуатации год	4	5	6

Таблица переменных экономических показателей  
Капитальные затраты  
(до-эксплуатационный период, первоначальные инвестиции)

	млн.долл	%	NPV(20%)	%	IRR	%
Оптим. О	12	(40)	12,7	170	72,1	122
Общий М	15	(25)	9,7	106	52,8	63
Пессим.Р	20	0	4,7	0	32,4	0
	25	25	(0,3)	(106)	19,3	(40)
	28	40	(3,3)	(170)	13,4	(59)

Годовая прибыль (денежный поток)

	млн.долл	%	NPV(20%)	%	IRR	%
Пессим.Р	6	(40)	(5,2)	(211)	5,1	(84)
Общий М	8	(20)	(0,01)	(100)	20,0	(38)
Оптим. О	10	0	4,7	0	32,4	0
	12	20	10,3	119	46,1	42
	14	40	15,5	230	58,1	79

Восстановление окружающей среды

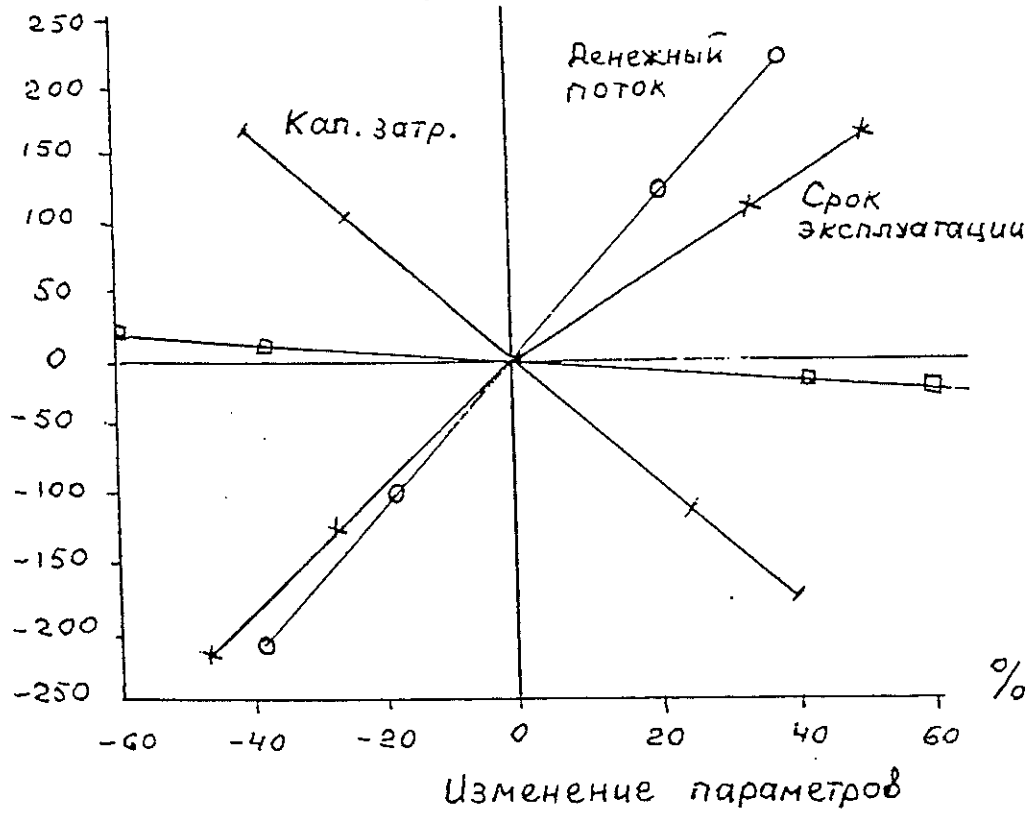
	млн.долл.	%	NPV(20%)	%	IRR	%
Оптим. О	1,0	(60)	5,4	15	33,9	5
Общий М	1,5	(40)	5,2	11	33,4	3
Пессим.Р	2,5	0	4,7	0	32,4	0
	3,5	40	4,2	(11)	31,4	(3)
	4,0	60	4,0	(15)	30,8	(5)

Срок эксплуатации

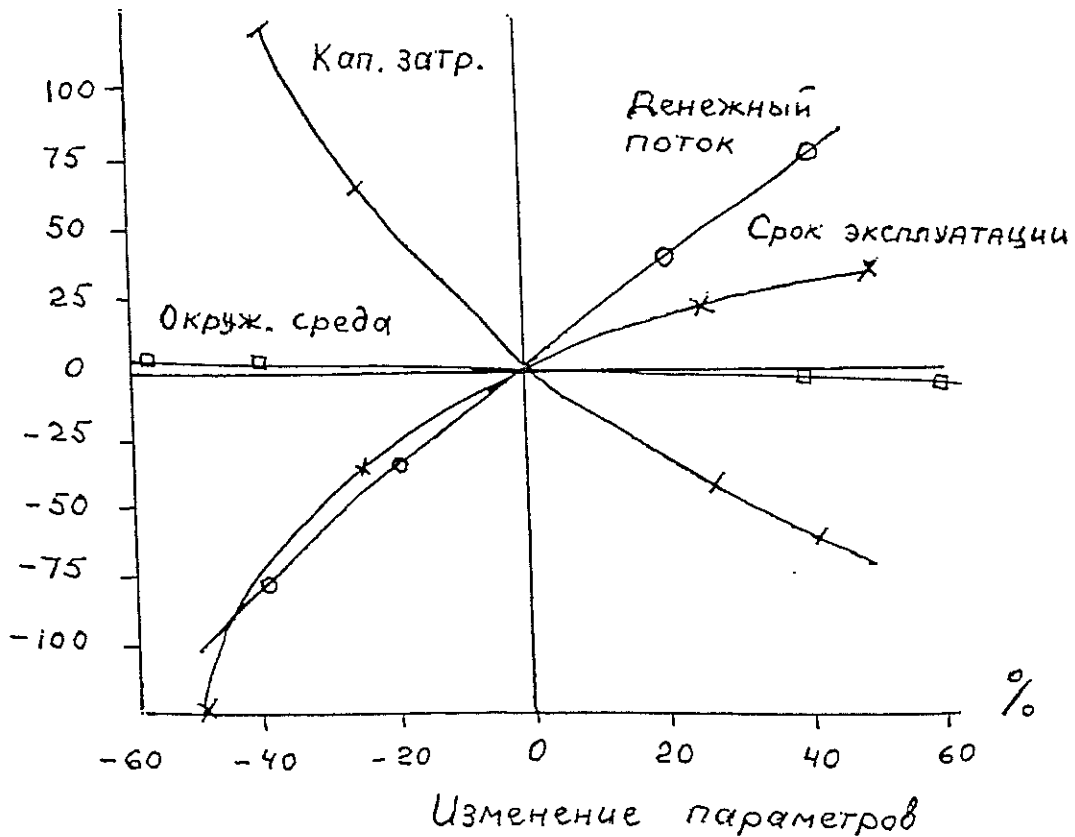
	Год	%	NPV(20%)	%	IRR	%
Общий М	2	(50)	(6,4)	(236)	(8,9)	(127)
	3	(25)	(0,4)	(108)	18,7	(42)
	4	0	4,7	0	32,4	0
	5	25	8,9	89	39,6	22
	6	50	12,4	164	43,7	35

ЛУЧЕВЫЕ ДИАГРАММЫ

Изменение NPV (20%)



Изменение IRR



- 102 -  
АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

"Лучевые" диаграммы четко показывают, что процентное изменение какого-либо рабочего параметра вызывает изменение NPV и IRR. Наиболее сильное влияние оказывает уменьшение капитальных затрат и увеличение денежного потока. Темп изменения IRR резко уменьшается с увеличением периода эксплуатации объекта, т.к. в конце срока эксплуатации дисконтированные денежные потоки меньше влияют на NPV объекта.

Увеличение денежного потока на 10% вызывает увеличение NPV проекта на 55%, а IRR - на 25%. Поскольку на хорошо работающем объекте эксплуатационные затраты относительно стабильны, большое влияние на его финансовую мощь оказывают цены на металл. Поэтому, целесообразно исследовать цикличность цен на металл.

При планировании работы рудника на диаграмме чувствительности строятся изменения цен для общего случая.

При составлении ТЭО учитываются изменения содержаний, запасов, эксплуатационных расходов и капитальных затрат, но наиболее значительное влияние на экономику проекта оказывает изменение цен.

Расчет: Построить диаграмму чувствительности для золоторудного объекта.

Исходные данные: Горнорудный объект, предложенный на рассмотрение горнорудной компании, имеет следующие параметры:

Годовая производительность	-	40 000 т/год
Срок эксплуатации	-	9 лет
Содержание после разубоживания	-	20 г/т
Извлечение (ε) на обогатительной фабрике	-	80%
Эксплуатационные затраты	-	95 долл/т
Капитальные затраты	-	13 млн долл
Ставка дисконта	-	20%

Первоначальные исследования проводились при условии 100% акционерного финансирования и без налогообложения.

Результат:

Цена на золото в общем случае (M) - 350 долл/унцию,  
при оптимистическом варианте (O) - 400 долл/унцию,  
при пессимистическом варианте (P) - 300 долл/унцию

Общий случай: Цена - 350 долл/унцию

Исходные данные: 350 долл/унцию

Извлечение 31,1 г/унцию  
Производительность 80% (ε = 0,80)  
40 000 т/год  
Содержание в рядовой руде 20 г/т

Годовой доход =  $350 \times \frac{20}{31,1} \times 0,8 \times 40\,000 = 7,20$  млн долл  
(годовая стоимость товарной продукции)

Эксплуатационные затраты =  $95 \text{ долл/т} \times 40\,000 = 3,80$  млн долл

Годовая прибыль =  $7,20 \text{ млн долл} - 3,80 \text{ млн долл} = 3,40$  млн долл  
= чистый денежный поток (Net Cash Flow)

При расчете чистого денежного потока принимается, что проект имеет акционерное финансирование (т.е. финансируется с помощью выпуска акций), и расчет производится до налогообложения.

## АНАЛИЗ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ

"Лучевые" диаграммы четко показывают, что процентное изменение какого-либо рабочего параметра вызывает изменение NPV и IRR. Наиболее сильное влияние оказывает уменьшение капитальных затрат и увеличение денежного потока. Темп изменения IRR резко уменьшается с увеличением периода эксплуатации объекта, т.к. в конце срока эксплуатации дисконтированные денежные потоки меньше влияют на NPV объекта.

Увеличение денежного потока на 10% вызывает увеличение NPV проекта на 55%, а IRR - на 25%. Поскольку на хорошо работающем объекте эксплуатационные затраты относительно стабильны, большое влияние на его финансовую мощь оказывают цены на металл. Поэтому, целесообразно исследовать цикличность цен на металл.

При планировании работы рудника на диаграмме чувствительности строятся изменения цен для общего случая.

При составлении ТЭО учитываются изменения содержаний, запасов, эксплуатационных расходов и капитальных затрат, но наиболее значительное влияние на экономику проекта оказывает изменение цен.

Расчет: Построить диаграмму чувствительности для золоторудного объекта.

Исходные данные: Горнорудный объект, предложенный на рассмотрение горнорудной компании, имеет следующие параметры:

Годовая производительность	-	40 000 т/год
Срок эксплуатации	-	9 лет
Содержание после разубоживания	-	20 г/т
Извлечение (ε) на обогатительной фабрике	-	80%
Эксплуатационные затраты	-	95 долл/т
Капитальные затраты	-	13 млн долл
Ставка дисконта	-	20%

Первоначальные исследования проводились при условии 100% акционерного финансирования и без налогообложения.

Результат:

Цена на золото в общем случае (M) - 350 долл/унцию,  
при оптимистическом варианте (O) - 400 долл/унцию,  
при пессимистическом варианте (P) - 300 долл/унцию

Общий случай: Цена - 350 долл/унцию

Исходные данные: 350 долл/унцию

Извлечение 80% (ε = 0,80)  
Производительность 40 000 т/год  
Содержание в рядовой руде 20 г/т

Годовой доход =  $350 \times \frac{20}{31,1} \times 0,8 \times 40\,000 = 7,20$  млн долл  
(годовая стоимость товарной продукции)

Эксплуатационные затраты =  $95 \text{ долл/т} \times 40\,000 = 3,80$  млн долл

Годовая прибыль =  $7,20 \text{ млн долл} - 3,80 \text{ млн долл} = 3,40 \text{ млн долл}$   
= чистый денежный поток (Net Cash Flow)

При расчете чистого денежного потока принимается, что проект имеет акционерное финансирование (т.е. финансируется с помощью выпуска акций), и расчет производится до налогообложения.



- 100  
Таблица денежного потока

Год	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Кап.затраты	13									
Денежный поток		3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4

$$\text{Окупаемость} = \frac{\text{кап.затраты}}{\text{денежный поток}} = \frac{13,00}{3,40} = 3,82 \text{ лет}$$

$$\text{Коэффициент аннуитета (b)} = \frac{\text{Кап.затраты}}{\text{Годовая прибыль}} = \frac{13}{3,4} = 3,8235$$

(ежегодной ренты)

Внутренняя норма окупаемости инвестиций соответствует коэффициенту для 9 года, ближайшему к 3,82, т.е.

9 год	3,9054	21%
	3,7863	22%
3,8235 приближается к 3,9054 т.е.		21%
Разница 0,1191		Разница 1%

$$3,9054 - 3,8235 = 0,0819$$

$$0,1191 : 10, \text{ т.е. } 0,1 = 0,0119$$

$$0,0819 / 0,0119 = 6,9 \approx 7,0$$

$$\text{IRR} = 21,7\%$$

Для определения NPV с процентом дисконта 20% при равных денежных потоках используется следующая формула:

$$\text{NPV (20\%)} = \text{Годовая прибыль} \times b - \text{Кап.затраты}$$

$$b = 4,0310 \text{ (9 лет, } i = 0,20)$$

$$\text{NPV} = 3,40 \times 4,031 - 13 = + 0,71$$

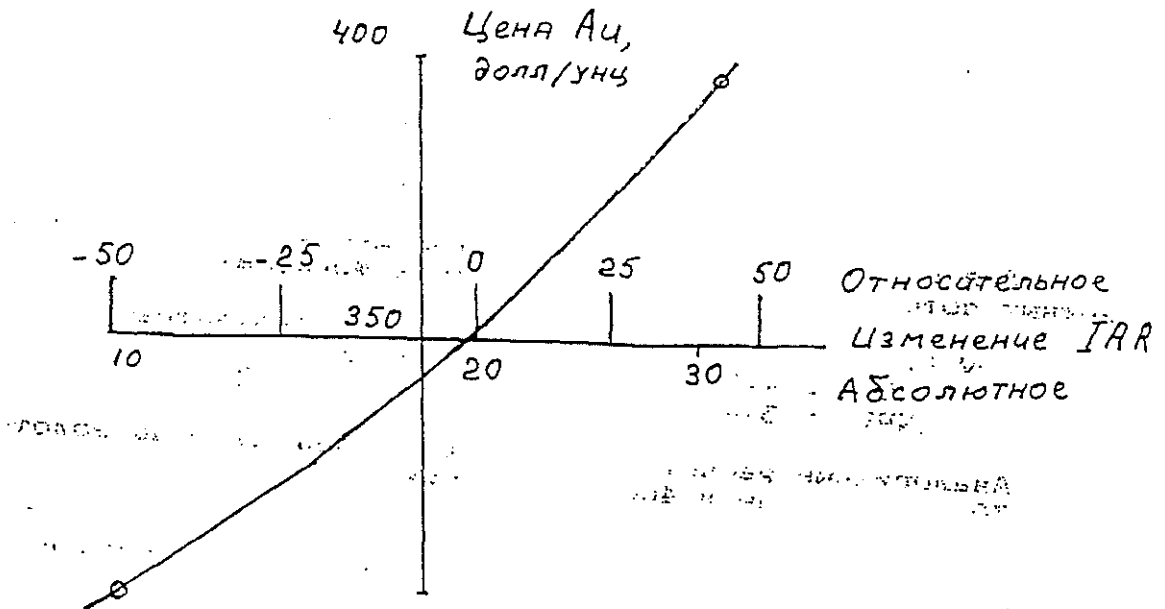
Аналогичные расчеты производятся при цене на золото 300 долл/унцию и 400 долл/унцию

Расчет	\$300/унц.		\$400/унц.			
(i) Годовой доход = Цена/унц. × $\frac{\text{содер.}}{31.1}$ × $\epsilon$ × год		\$6.17 млн.		\$8.23 млн.		
(ii) Экс. затр. = экс. затр./т × год. тоннаж		\$3.80 млн.		\$3.80 млн.		
(iii) Годовая прибыль		\$2.37 млн.		\$4.43 млн.		
(iv) Окупаемость = кап. затр./денежн. поток		5.49 лет		2.93 лет.		
(v) Коэфф. аннуитета $b_n$ $b_n = \text{кап. затр.} / \text{год. прибыль}$		5.4852		2.9345		
(vi) IRR - 9 <sup>ый</sup> год	11%	5.5370	5.5370	31%	2.9419	2.9419
	12%	5.3282	5.4852	32%	2.8681	2.9345
	Разница	0.2088	0.0518	Разница	0.0738	0.0074
	0.1 =		0.0209	0.1		0.0074
	11.2%		2.5	31.1%		1.0
(vii) NPV (20%) = Год. прибыль × $b_n$ - Кап. затр.		2.37 × 4.0310 - 13 = -3.45		4.43 × 4.0310 - 13 = 4.86		

Сводная таблица данных чувствительности

Цена на золото долл/унцию	Окупаемость год	IRR %	NPV (20%) млн долл
300	5,5	11,2	3,45
350	3,8	21,7	0,71
400	2,9	31,1	4,86

Диаграмма чувствительности  
при цене на золото 300, 350 и 400 долл/унцию



### ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА

#### Курс валют

Большой проблемой для иностранных инвесторов, вкладывающих капитал в зарубежную горнорудную промышленность, является управление инвестиционным объектом в условиях меняющегося курса валют между основными международными валютами и между этими валютами и валютами стран, предлагающих инвестиционные проекты. Торговля полезными ископаемыми на мировом рынке обычно производится за доллары США или фунты стерлингов.

Для стран, принимающих участие в международной торговле полезными ископаемыми, курс между национальной валютой, долларом США и валютой иностранного инвестора имеет критическое значение при получении доходов в деньгах, подлежащих обмену на твердую валюту.

Рассмотрим пример немецкой компании, инвестировавшей капитал в золоторудный объект в иностранном государстве "Утопия" в 1983 г. Объект имеет небольшие размеры - рассчитан на эксплуатацию в течение 7 лет с 1984 по 1990 гг. В таблице курсов валют показан курс доллара по отношению к немецкой марке от 1 долл = 3 DM до 1 долл = 1,8 DM. В течение этого периода "утопическое" песо снизилось по отношению к немецкой марке от 3 P = 1 DM до 5,5 P = 1 DM.

В таблице "Курс валют и цена на золото" сравниваются относительные курсы и цена на золото за унцию в долларах США, немецких марках и песо. В колонке 3 видно, что ценность немецкой марки почти в 2 раза больше по сравнению с долларом США; однако, относительная стоимость доллара по отношению к песо почти не изменилась и остается на уровне  $8,6 \text{ P} = 1 \text{ долл США}$ . Но стоимость обоих видов валют упала по отношению к немецкой марке.

Возвращаясь к таблице "Курс валют и цена на золото", видим, что на каждый доллар США, истраченный американцами на покупку золота, немцы должны были потратить эквивалент в 3,4 DM (1983г). Через 7 лет (1990г) немцы платили только 1,6 DM по отношению к доллару США.

Эта ситуация иллюстрируется также с помощью сравнения процентного изменения (год от года) цены на золото в долларах США и немецких марках. Очевидно, что падение цены на золото более заметно в немецких марках, т.е. золото можно купить за марки относительно дешевле, чем за доллары.

Для иностранного инвестора эта ситуация характерна тем, что если принимающая страна имеет тенденцию к снижению курса валюты по отношению к валюте инвестора, то, несмотря на прибыльные инвестиции в местной валюте, при переводе этой валюты обратно в валюту инвестора возврат окажется гораздо меньше. Эта проблема еще может усугубляться величиной капитальных затрат, которые были сделаны в то время, когда курсы обмена валют были более близкими.

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА

### Спрос и потребление металла

При изучении цикличности цен на металл следует иметь в виду, что на развивающиеся тенденции указывают запасы на Лондонской Бирже Металлов (ЛБМ). В диаграмме "Среднемесячные цены на медь" даны соотношения между запасами и ценами на металл за период 10 лет до 1990 года.

Показатели торговли металлом характеризуются ситуацией "контанго" и "бэкуордейшн". Продажа и покупка металла на Лондонской Бирже Металлов производится либо на месте (продажа дня), либо со сроком поставки через 3-6 месяцев.

В период устойчивого потребления, когда имеется лишь небольшое количество излишнего металла или рынок сбалансирован, будущая цена превышает цену на месте. Такая ситуация известна под названием "контанго", которое является мерой стоимости (около 50 долл/т) финансирования (хранения) металла, страхования и финансовых услуг.

Контанго больше имеет отношение к стоимости денег, чем к цене на металл. Контанго - это не прогноз будущих денежных поступлений, оно просто представляет собой рыночную оценку будущих поставок металла на условиях, согласованных в настоящее время.

При недостаточном объеме поставок, когда запасы на ЛБМ уменьшаются, цена на металл "на месте" превышает будущую цену на рассматриваемый период времени. Это явление носит название "бэкуордейшн", и его уровень влияет на премию, которую покупатели готовы заплатить сверх котируемых цен "на месте".

В таблице "Курс валют и цена на золото" сравниваются относительные курсы и цена на золото за унцию в долларах США, немецких марках и песо. В колонке 3 видно, что ценность немецкой марки почти в 2 раза больше по сравнению с долларом США; однако, относительная стоимость доллара по отношению к песо почти не изменилась и остается на уровне  $8,6 \text{ P} = 1 \text{ долл США}$ . Но стоимость обоих видов валют упала по отношению к немецкой марке.

Возвращаясь к таблице "Курс валют и цена на золото", видим, что на каждый доллар США, истраченный американцами на покупку золота, немцы должны были потратить эквивалент в 3,4 DM (1983г). Через 7 лет (1990г) немцы платили только 1,6 DM по отношению к доллару США.

Эта ситуация иллюстрируется также с помощью сравнения процентного изменения (год от года) цены на золото в долларах США и немецких марках. Очевидно, что падение цены на золото более заметно в немецких марках, т.е. золото можно купить за марки относительно дешевле, чем за доллары.

Для иностранного инвестора эта ситуация характерна тем, что если принимающая страна имеет тенденцию к снижению курса валюты по отношению к валюте инвестора, то, несмотря на прибыльные инвестиции в местной валюте, при переводе этой валюты обратно в валюту инвестора возврат окажется гораздо меньше. Эта проблема еще может усугубляться величиной капитальных затрат, которые были сделаны в то время, когда курсы обмена валют были более близкими.

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА

### Спрос и потребление металла

При изучении цикличности цен на металл следует иметь в виду, что на развивающиеся тенденции указывают запасы на Лондонской Бирже Металлов (ЛБМ). В диаграмме "Среднемесячные цены на медь" даны соотношения между запасами и ценами на металл за период 10 лет до 1990 года.

Показатели торговли металлом характеризуются ситуацией "контанго" и "бэкуордейшн". Продажа и покупка металла на Лондонской Бирже Металлов производится либо на месте (продажа дня), либо со сроком поставки через 3-6 месяцев.

В период устойчивого потребления, когда имеется лишь небольшое количество излишнего металла или рынок сбалансирован, будущая цена превышает цену на месте. Такая ситуация известна под названием "контанго", которое является мерой стоимости (около 50 долл/т) финансирования (хранения) металла, страхования и финансовых услуг.

Контанго больше имеет отношение к стоимости денег, чем к цене на металл. Контанго - это не прогноз будущих денежных поступлений, оно просто представляет собой рыночную оценку будущих поставок металла на условиях, согласованных в настоящее время.

При недостаточном объеме поставок, когда запасы на ЛБМ уменьшаются, цена на металл "на месте" превышает будущую цену на рассматриваемый период времени. Это явление носит название "бэкуордейшн", и его уровень влияет на премию, которую покупатели готовы заплатить сверх котируемых цен "на месте".

Курс валют и цена на золото  
 1 долл = DM и цена на золото в долл/унцию (текущие доллары)

Гипотетическая девальвация песо

T<sub>1</sub>

1	2	3	4	5	6	7	8
Год	1\$=DM Ср.	1DM = \$ 1/C2	1DM = P Ср.	1\$ = P C4÷C3	\$/oz Ср.	DM/ . A C2 x C6	P/ Au C5 x C6
1983	2.7	0.37	3.2	8.6	424	1145	3646
1984	3.0	0.33	3.4	10.3	361	1083	3718
1985	2.9	0.34	3.7	10.9	317	919	3455
1986	2.1	0.48	3.8	7.9	368	773	2907
1987	1.8	0.56	4.1	7.3	478	860	3489
1988	1.8	0.56	4.3	7.7	438	788	3373
1989	1.9	0.53	4.4	8.3	383	728	3179
1990	1.6	0.63	4.7	7.5	386	618	2895
1991	1.7	0.59	5.2	8.8			
1992	1.6	0.63	5.5	8.7			

Курс валют и стоимость золота в соотношениях валют  
 Изменение стоимости золота в долларах США и немецких марках

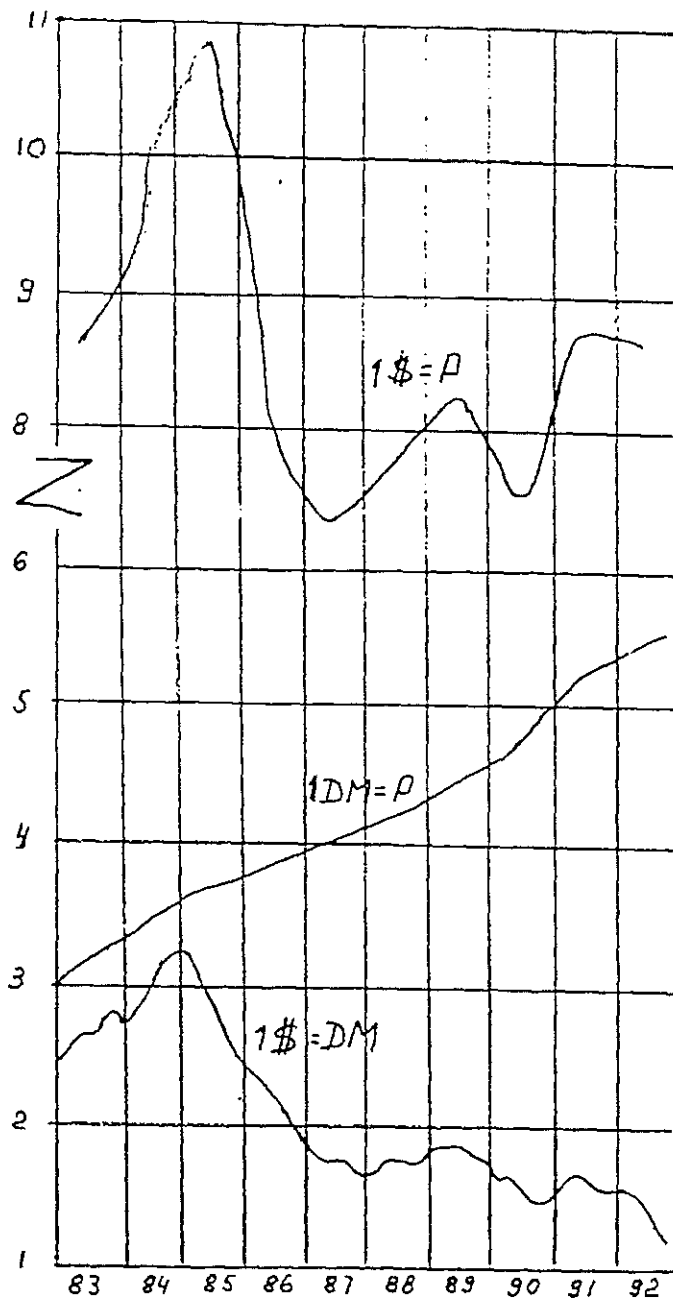
T<sub>2</sub>

1	2	3	4	5	6
Год	\$/DM T <sub>1</sub> C2	\$/P T <sub>1</sub> C5	DM:P T <sub>1</sub> C4	\$/oz %/ унц.	DM/oz %/ унц.
1983	2.7	8.6	3.2	-	-
1984	3.0	10.3	3.4	-15	-25
1985	2.9	10.9	3.8	-12	-15
1986	2.1	7.9	3.8	+16	-16
1987	1.8	7.3	4.1	+30	+11
1988	1.8	7.7	4.3	-8	-8
1989	1.9	8.3	4.4	-12	-8
1990	1.6	7.5	4.7	+1	-15

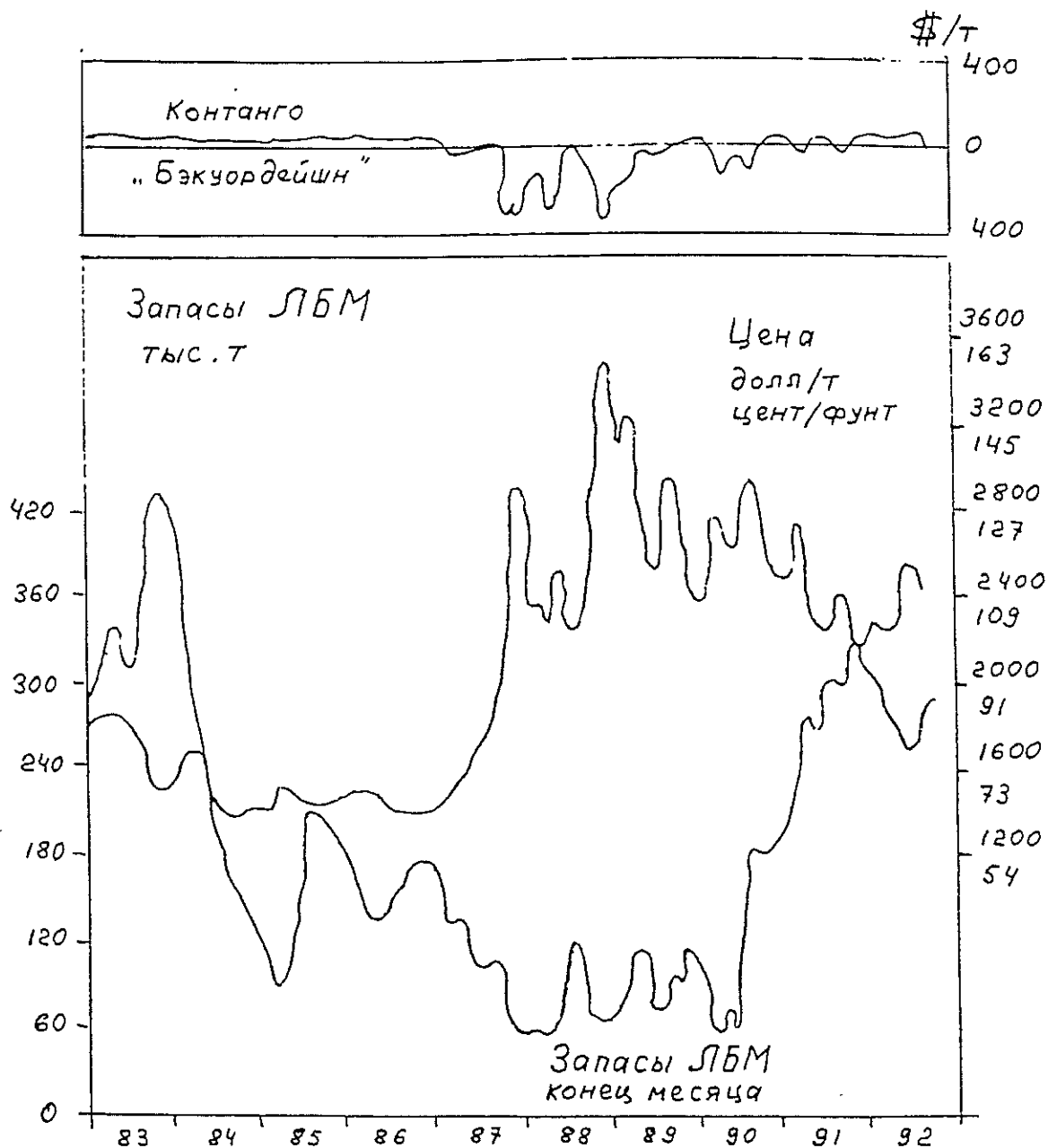
0% -56%

Курс обмена иностранных валют

Доллар США по отношению к немецкой марке.  
Гипотетическое песо с уменьшающейся стоимостью.



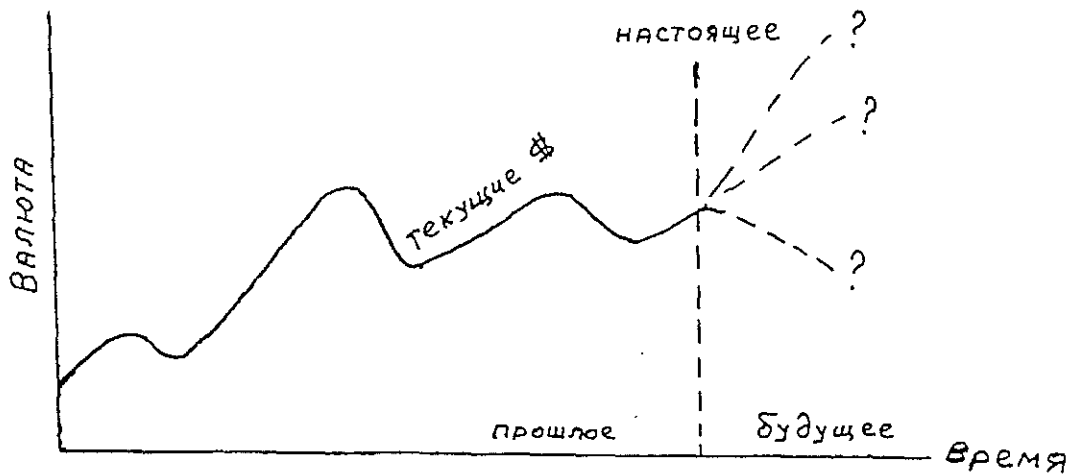
СРЕДНЕМЕСЯЧНЫЕ ЦЕНЫ НА МЕДЬ  
(1983 - 1992)



по данным Metallgesellschaft AG

- 109 -  
 ОЦЕНКА СТЕПЕНИ РИСКА  
Цены на металл

Преуспевающая горнорудная компания должна развивать способность прогнозировать будущий процент дохода (стоимость денег), цены на металл, спрос и потребление. Не менее важно сформировать мнение относительно политической стабильности и изменения системы налогообложения. Оценка прибыльности /жизнеспособности горнорудного проекта требует знания цен на металл и эксплуатационных затрат в течение срока эксплуатации. При прогнозировании будущих тенденций необходимо составить исторический обзор цен на металл и курсов валют. Ниже представлены в общем виде графики цен на полезные ископаемые.



Показан пример изменчивости рыночных цен на медь за период 45 лет до 1991 года. Цены указаны в текущих долларах, а линия тренда определена методом наименьших квадратов таким образом, что половина значений находится выше линии тренда, а другая половина - ниже. Базисные линии определяют изменение в процентах по отношению к тренду цен. Данные о вариациях цен сведены в таблицу.

Вариация цен на медь, 1946 - 1991

Изменение в %	Число изменений			Число изменений		
	+	RI	F	-	RI	F
+30	12	0,261	3,8	Нуль	0	
15-30	5	0,109	9,2	9	0,196	5,1
0-15	6	0,130	7,7	14	0,304	3,3

Всего наблюдений = 46

Рассматриваемый (рекуррентный) интервал (RI) =  $\frac{\text{Число изменений}}{\text{Общее число наблюдений}}$

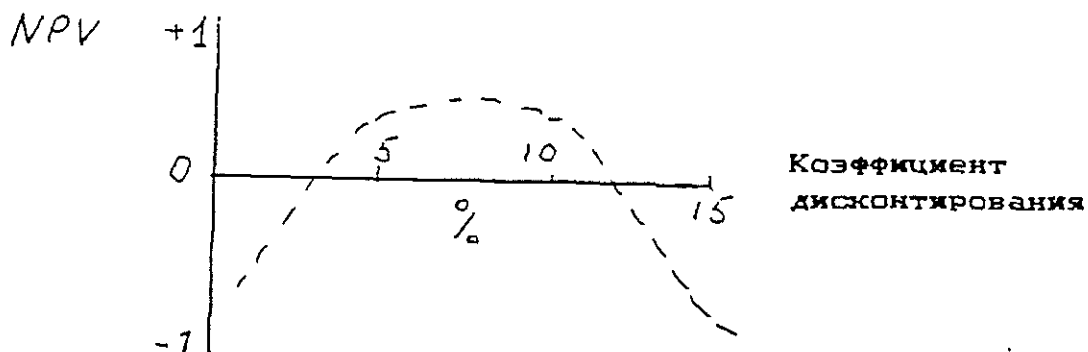
Годовая периодичность (F) (Частота) =  $\frac{\text{Всего лет (46)}}{\text{Число изменений}}$



### ВНЕШНЯЯ НОРМА ПРИБЫЛИ (ERR)

Внешняя норма прибыли

Внутренняя норма прибыли иногда не может быть оценена в случае отрицательных денежных потоков и NPV в течение срока эксплуатации  $n$ -ия.



Чтобы избежать этого, используется внешняя норма прибыли (ERR). Внешняя норма прибыли характеризует методику вычисления прибыльности инвестиций плюс возможностей ре-инвестирования, а не только одних инвестиций.

Темпы роста богатства (WGR) - это процентная ставка, соответствующая будущей ценности (стоимости) инвестиций с будущим значением денежных потоков, полученных в результате осуществления проекта. Временной предел для обоих будущих значений - это дата завершения проекта.

Если инвестиции производятся в течении нескольких лет или периодически в течение срока эксплуатации объекта, то эти инвестиции дисконтируются к "нулевому" времени с помощью коэффициента инвестирования (дисконтирования).

WGR представляет собой сложный процент, при котором кумулятивные дисконтированные капиталовложения должны увеличиваться, чтобы быть равными будущему богатству, появившемуся в результате проекта.

#### Пример

1. Компания изучает добычный проект с расчетными значениями денежного потока за 7 лет. При значении процента ре-инвестирования равном 12% найти WGR.

Годовые денежные потоки

Год	0	1	2	3	4	5	6	7
	(1000)	(900)	(800)	1000	500	1000	2000	1000

1. Годовой денежный поток должен быть ре-инвестирован при 12% к окончанию проекта (7-ой год)

Год	Год в порядке уменьшения	CF	Процент 12% Уменьшение лет(1)	Кол-во в конце года 7
3	4	1000	1,574	1574
4	3	500	1,405	702
5	2	1000	1,254	1254
6	1	2000	1,120	2240
7	0	1000	1,000	1000
				6770

(1) Процент, F/P, i, n  $FV = n \times i \times PV$  (коэф. будущей стоимости)

(2) Отрицательные денежные потоки в год 1 и год 2 дисконтируются к году 0.

Год	CF	Процент при 12%(2)	Кол-во. Время 0
0	1000	1,0000	-1000
1	900	0,8929	-804
2	800	0,7972	-638
			(2442)

(2) Процент. P/F  $PV = FV \times n \times i$  (коэффициент современной стоимости)

(3) WGR - это % роста инвестиций \$2,442 (кап. затраты) таким образом, что через 6 лет они увеличиваются до \$6770 долл.

$$\begin{aligned}
 F &= P \quad (F/Pi, n) \\
 6770 &= 2442 (F/P i, 7) && F/P \text{ из таблиц} \\
 i &= 15,7\%
 \end{aligned}$$

$$[NP \text{ program} \quad 6770 \quad FV/2442 \text{ CHS} \quad PV/7n/i = 15,7$$

$$F/P, i, 7 = 6770/2442 = 2,772$$

$$F/P, i, 7 \text{ Factor (коэфф.-)} \quad 15\% = 2,660 \quad \& \quad 20\% = 3,583$$

Интерполируем:

$$\begin{aligned}
 &3,583 - 2,660 = 0,9253 = 5\% \\
 1\% &= 0,815
 \end{aligned}$$

Интерполяруя, получаем WGR = 15,6%

Вычисление (WGR) Разница  $\frac{0,112}{0,185} = 0,6$

Расчетное 2,772 Делим на 1%

15% т.е. WGR = 15,6%

Разница 2,660  
0,112

**Свойства, присущие только WGR:**

1. WGR использует годовой денежный поток как функцию прибыли;
2. WGR позволяет производить расчет удельного темпа ре-инвестирования в течение срока эксплуатации объекта;
3. При ранжировании проектов WGR обеспечивает равномерные темпы инвестирования для всех проектов, а не различный IRR для каждого проекта;
4. WGR дает единственное решение, которое выражает в количественном виде темпа роста богатства.
5. WGR позволяет проводить сравнение вариантов проекта при различных сроках эксплуатации, представляя собой хороший метод для ранжирования вариантов инвестиций.

**Пример множественных отрицательных денежных потоков**

Пример - рудник

Кап.затраты	10 млн долл	Год 0
Развитие объекта	6 млн долл	Год 4
Затраты на ликвидацию	0,6 млн долл	Год 6

Темпы роста богатства компании = 25% (требования компании)

т.е. процент, соответствующий будущей стоимости кап.вложений с будущим значением денежных потоков проекта.

Вход - денежный поток

Год	0	1	2	3	4	5	6
Денежный поток	(10)	4	5	7	(6)	8	(0,6)
Уменьшение		5	4	3	2	1	0

Темпы инвестирования компании 25%.  
Каков WGR этого проекта?

(1) Определяем денежные потоки (положительные) на "конец проекта"

Год	Уменьшение	Денежный поток \$M млн-долл.	Процент 25% F/Pi,n FV=n x i x PV	Кол-во (млн-долл.) конец Года 5
1	5	4	3,052	12,21
2	4	5	2,441	12,21
3	3	7	1,953	13,67
5	1	8	1,250	10,00
Будущий денежный поток				48,09

(2) Определяем кап. затраты, дисконтированные к Году 0. Темпы инвестирования (процент) 25%

Год	Денежный поток CF	Коеф. PV P/F	Кол-во (млн-долл.) в год 0
0	10	1,000	10,00
4	6	0,4096	2,46
6	0,6	0,2621	0,16
Кап.затраты, дисконтированные к Году 0			12,62

(3) Определяем WGR, т.е. темпы, при которых 12,62 млн-долл. должны расти, чтобы к концу 6-ого года достичь величины 48,09 млн-долл.

$$F = P (F/Pi,n)$$

$$48,09 = 12,62 (F/P i,6)$$

$$(F/P i,6) = 48,09/12,62 = 3,8106$$

$$F/P 25\% = 3,8150 \quad F/P 25\% = 3,8150$$

$$F/P Calc = 3,8106$$

$$F/P 20\% = 2,9860 \quad \text{Разница} = 0,0044$$

$$1\% = 0,8290 \quad 0,0044 = 0,05$$

$$0,1\% = 0,0829 \quad 0,0829$$

Темпы прироста богатства - WGR - ниже 25%.  
Темпы роста богатства - на долю ниже 25%, т.е.  
25,00 = 0,05 = 24,95%

В рассматриваемом примере государственная компания (компания А) потребует премию от иностранного инвестора (компания В) в виде более высокой доли расходов до согласованной "критической" точки.

Расчет : Пакет при вступлении в проект

Исходные данные :

Компания А истратила 6 млн.долл на золоторудный проект. Компания В заинтересована в участии в проекте и готова финансировать последующие буровые работы. В соответствии с законодательством компания В (иностранная) может приобрести 49% доли капитала и взять на себя управление проектом.

Компания В согласна выплатить премию в размере 200% и будет финансировать 80% всех затрат до согласованной стадии проекта. На стадии вступления в проект:

Компания А возьмет на себя 20% затрат и снизит свою долю акций до 51%.

Компания В возьмет на себя 80% затрат, чтобы заработать 49% акций.

Базисом для финансовых расчетов служат 6 млн.долл. капиталовложений компании А.

Результат :

"Критическая" точка достигается в момент уплаты 200% премии. Каков будет бюджет и общее финансовое положение проекта на этой стадии?

- До вступления в проект иностранного участника компания А истратила 6 млн.долл.

- 49 % акций, которые компания В может получить на основе пропорционального распределения, составляют

$$0,49 \times 6 \text{ млн.} = 2,94 \text{ млн.долл.}$$

- компания В должна выплатить премию в размере 200%, т.е.

$$2,94 + 2,94 (100\%) + 2,94 (100\%) = 8,82 \text{ млн.долл.}$$

- до критической точки компания А берет на себя 20% затрат, исключая платежи премии.

- критическая точка достигается после выплаты суммы

$$8,82 / 0,8 = 11,03 \text{ млн.долл.}$$

(8,82 млн. составляет 80% капиталовложений)

- 20% доли компании А составляет

$$11,03 - 8,82 = 2,21 \text{ млн.долл.}$$

$$(11,03 ; 20\% = 2,21 ; 80\% = 8,82)$$

- Распределение общих затрат проекта :

Компания А - до вступления иностр.участника - 6,00 млн.долл.

Компания В - премия - 8,82 млн.долл.

Компания А - 20% от суммы 11,03 - 2,21 млн.долл.

ИТОГО

17,03 млн.долл.

Вступление иностранного участника :

Расходы компании А (51% акций) 8,21 млн. - 48,2%

Расходы компании В (49% акций) 8,82 млн. - 51,8%

С момента "критической точки" каждая сторона платит в соответствии со своей долей акционерного капитала :

Компания А - 51% и Компания В - 49%

#### УМЕНЬШЕНИЕ ДОЛИ УЧАСТИЯ

Предположим, что после того, как приобретены 49% акций, компания В решает не вносить вклад в следующий этап, тем самым снижая свою долю акционерного капитала. По договоренности сторон это должно произойти по достижении 25% от 12 -миллионной программы капиталовложений.

Доля участия в соответствии с программой:

Компания А	51%	-	6,12 млн.долл.
Компания В	49%	-	5,88 млн.долл.

25% от 5,88 млн.долл. = 1,47 млн долл

В конце 12 -миллионной программы компания В внесет 25% от своей 49% доли в бюджете. Следовательно, 75% из 49% доли не будут внесены.

Это выражается в потере доли акций

$$49/100 \times 0,75 = 36,8\%$$

Новые соотношения в акционерном капитале к концу программы будут:

$$\text{Компания А} \quad 51\% + 36,8\% \quad = \quad 87,8\%$$

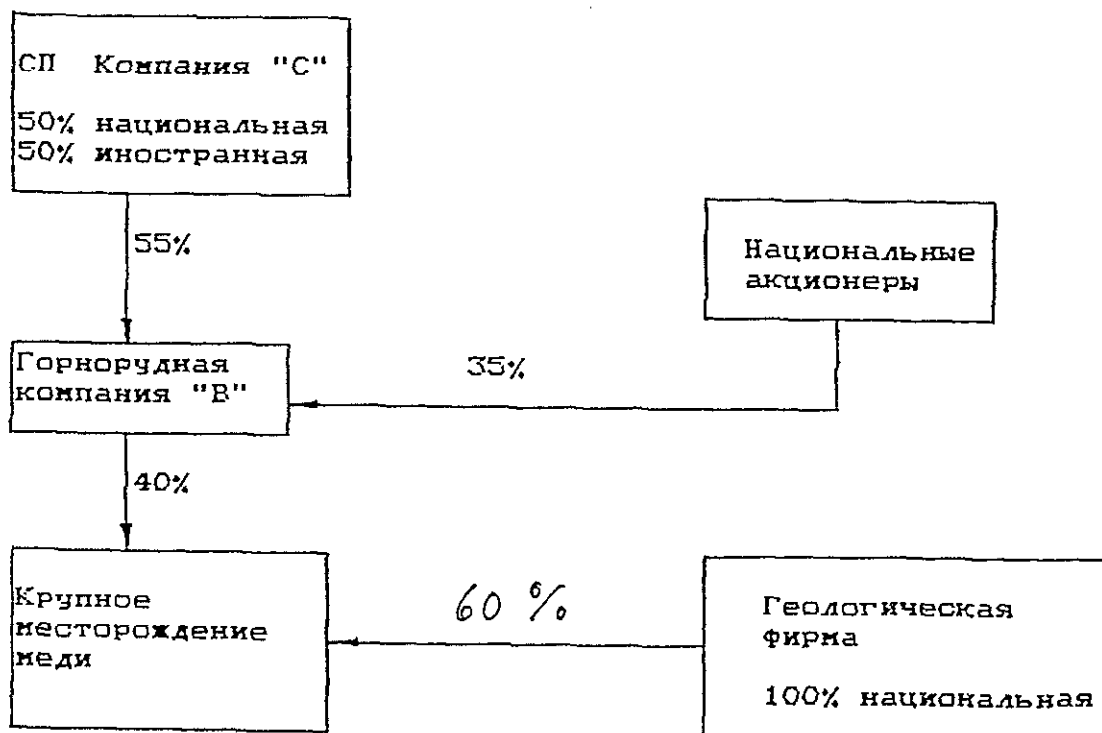
$$\text{Компания В} \quad 49\% - 36,8\% \quad = \quad 12,2\%$$

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПО УЧАСТИЮ ИНОСТРАННОГО КАПИТАЛА

Национальные правительства регулируют участие иностранного акционерного капитала в горнорудных проектах. Если правительство разрешило 50% участие иностранного капитала в горнорудных объектах, то иностранные инвесторы могут просчитать степень своей свободы, для того, чтобы вести соответствующие переговоры с национальными компаниями.

Ситуация с дочерними фирмами хорошо иллюстрирует государственное регулирование иностранного участия в акционерном капитале.

#### Дочерние компании и иностранный акционерный капитал



(1) Совместное предприятие "С" контролируется на 50% национальным капиталом и на 50% иностранным.

(2) Совместное предприятие "С" контролирует 55% капитала горной компании "В"

Иностранный акционерный капитал в компании В составляет

$$0,5 \times 0,55 = 0,28 = 28\%$$

Горная компания В контролирует 40% крупного месторождения меди; Доля иностранного капитала в месторождении составляет

$$0,28 \times 0,4 = 0,11 = 11\%$$

При лимите 50% для иностранных инвестиций иностранная компания может приобрести максимум:  $50 - 11 = 39\%$ .

Это может быть достигнуто скупкой акций национальных компаний или выкупом акций у акционеров в СП или геологической фирме.

Внедрение иностранного участника и иностранный акционерный капитал.

Иностранные инвестиции регулируются пределом 50%



Расчет :

Определить максимальное количество акций, которые может приобрести иностранная фирма (до разрешенных 50%) в золоторудном проекте.

Результат :

Составляем базовое уравнение :

Прежний местный акционерный капитал + прежний иностранный акционерный капитал + новый иностранный акционерный капитал = 1

Участие местного акционерного капитала должно быть не ниже 50% т.е. 0,5

Соотношение: 
$$\frac{\text{Прежний местный акц. капитал}}{\text{Прежний иностр. акц. капитал}} = \frac{70}{30} = \frac{2,33}{1}$$

Данное соотношение не изменится с уменьшением доли участия

Прежний иностр. капитал = 
$$\frac{\text{Прежний мест. акц. капитал}}{2,33} = \frac{0,5}{2,33}$$

Новый иностранный партнер может получить :

Прежний иностр. акц. капитал = 
$$0,5 - \frac{0,5}{2,33} = 0,285$$

Максимальная доля акций, которую может приобрести новый партнер (иностранец) составляет 28.5%

## ФИНАНСИРОВАНИЕ ГОРНОРУДНЫХ ПРОЕКТОВ

Вследствие широкого разнообразия географических, политических и технических условий проектов, в горнорудной промышленности применяются различные методы финансирования. Каждый метод имеет свою стоимость, определяемую требованиями рынка, бизнес-соглашениями, стандартами бухгалтерского учета и налоговыми обязательствами.

Техника финансирования постоянно меняется в соответствии с изменениями в экономической ситуации, международных отношениях, технологических достижениях и структуре торговли.

Финансовые ресурсы всегда ограничены, и горнорудная промышленность вынуждена конкурировать за выделение средств на основе "риск - вознаграждение" с производственными отраслями и сельским хозяйством.

### Стоимость финансирования

Кредиторы обычно направляют свои средства в проекты, обеспечивающие наибольшую отдачу за тот риск, которому подвергается кредитование проекта.

Горнорудная промышленность считается отраслью с высокой степенью риска по следующим причинам :

- \* неопределенность в оценке содержания и запасов извлекаемого сырья на месторождении;
- \* наличие технических и политических факторов, связанных с удаленностью районов добычи;
- \* плавающие цены на металл, вызывающие проблемы, связанные с движением денежных средств.

Горнорудная промышленность вынуждена оплачивать расходы, связанные с гарантией финансирования проектов. Компаниям, получившим признание, легче добиться финансирования, чем малоизвестным фирмам

### МЕТОДЫ ФИНАНСИРОВАНИЯ

Чтобы понять процесс финансирования горнорудных объектов, необходимо четкое понимание терминов "акционирование" и "кредит".

В качестве иллюстрации комплексного характера финансирования рассматриваются следующие методы :

#### Методы, относящиеся к заемным :

- \* лизинг
- \* оплата готовой продукцией
- \* финансирование проекта
- \* кредит в виде металла
- \* налоговые скидки
- \* оборудование, поставляемое в кредит
- \* правительственные экспортные гарантии

#### Промежуточные методы (между акционированием и ссудой):

- \* свободно обратимые активы
- \* привилегированные акции

### Акционирование

Это финансирование, которое обеспечивается акционерами (владельцами) компании.

Акционеры прибыльного горнорудного объекта получают дивиденды и могут продать акции по цене больше их первоначальной стоимости, т.е. получают прирост капитала. Если объект неликвидный, т.е. приносит убытки или работает только на уровне самоокупаемости, акционер те-



ряет деньги.

Акционирование, несмотря на высокую стоимость, является предпочтительным методом в тот период, когда доходы снижены, так как компания может свести к минимуму затраты и сохранить ликвидность для эксплуатационных расходов.

#### Заемный метод

Заемный метод финансирования, в сущности, ставит компанию под контроль кредиторов, которые получают достаточно власти, чтобы остановить работу объекта, если возникнет задолженность по погашению ссуды или платежам по процентам.

Если компания не может избавиться от своих финансовых проблем, кредиторы имеют право продать имущество компании для покрытия долгов.

Однако, заемное финансирование часто рассматривается как источник экономии капитала, так как выплаты по процентам могут быть использованы для уменьшения налогооблагаемой прибыли. Следовательно, у компании есть стимул применять метод долгового финансирования; однако, при этом довольно трудно определить оптимальную пропорцию ссудного капитала по отношению к общему финансированию проекта.

Размер финансирования, который компания может добиться в виде кредита, определяется желанием компании получить дешевое финансирование, сохраняя при этом финансовую независимость, и нежеланием кредиторов вводить юридические процедуры для возврата своих средств.

Компании с высоким процентом отношения ссудного капитала к акционерному могут представлять собой рискованные объекты для инвестиций в периоды низких цен на металл.

#### Свободно обратимые активы

Этот метод финансирования начинается, как кредит (заем), но позже превращается в акционирование. При таком методе держатель акций платит за них больше, чем на свободном рынке, однако обретает гарантии владения акциями в течение первых лет ввода в действие горнорудного объекта.

#### Привилегированные акции

Метод привилегированных акций является промежуточным между акционированием и заемным методом. Держатели акций обеспечены заранее определенным процентом дивидендов, который сравним с платежами по ссудным процентам. Дивиденды выплачиваются из прибыли. Держатели привилегированных акций не обладают одинаковыми правами с кредиторами.

#### Лизинг

Лизинг пользуется популярностью в США, поскольку он эффективен с точки зрения налогообложения и не увеличивает соотношение ссудного и акционерного капитала.

Понятие "вне-балансового" финансирования включает в себя метод финансирования, при котором компания получает эквивалент ссуды, не выраженный в явном виде в балансе предприятия.

Отдельная компания покупает капитальное оборудование и сдает его в аренду горнорудной компании, получая ежегодную арендную плату. При этом применяются налоговые скидки для горнорудной компании и затем лизинговой компании для того, чтобы уменьшить процентные ставки по аренде.

В США в настоящее время внесены изменения в систему бухгалтерского учета, позволяющие горнорудным компаниям открыто объявлять свои обязательства по лизингу.

### Оплата продукцией

Наиболее показательным примером является ссуда горнодобывающей компании от электростанции, работающей на угле. Выплата долга может производиться угольным предприятием электростанции в виде будущих продаж угля по сниженным ценам. Однако, этот метод может не пользоваться популярностью в развивающихся странах, т.к. кредитор (электростанция) может быть владельцем природных ресурсов.

Метод оплаты продукцией может рассматриваться в случаях, когда полезные ископаемые не подвержены широким колебаниям цен. Он также характеризуется преимуществами учета "вне баланса".

### ФИНАНСИРОВАНИЕ ПРОЕКТА

Это понятие означает, что кредиторы (кредитные учреждения) получают проценты и выплаты по ссудному капиталу непосредственно из денежных потоков рудника, а не от горнорудной компании. Такой метод характеризуется универсальностью и целесообразен в случае, когда капитальные затраты горнорудного проекта лежат за пределами возможности компании.

Горнорудная компания выделяет новый проект из других проектов в отношении управления и финансового учета. Кредитное учреждение требует гарантии по управлению проектом, объему продукции и продажам. Некоторые кредиторы могут быть вовлечены в риск и это увеличивает стоимость кредита.

Понятия "без оборота" и с "ограниченным оборотом", используемые в финансовых контрактах, указывают, что финансовые обязательства ограничены проектом, а не горнорудной компанией. Чтобы банки согласились на финансирование "без обратного обращения", горнорудная компания должна предоставить широкие гарантии в отношении завершения работ и управления. Банк может быть готов к риску колебаний цен на металл, но больше ни к какому другому риску. Поэтому, большое значение для него имеет технико-экономическое обоснование, предсказуемая налоговая система и политическая стабильность.

### Другие методы заемного финансирования

(1). С помощью устойчивого налогового законодательства правительства могут поощрять инвестирование в горнорудную промышленность введением низких налогов на ранних стадиях проекта. Если капитальные затраты могут быть списаны против налогооблагаемой прибыли при понесении убытков, то в первые годы платятся более низкие налоги, а в последующие годы - более высокие. Например, золоторудная промышленность ЮАР работает именно по такой системе.

(2). Производители оборудования могут организовать поставки при более благоприятных условиях оплаты, если правительство производителей готово дать гарантии, что производителям заплатят. Производитель может даже предоставить кредит компании.

(3). Иногда для компании приемлем кредит в виде металла, т.к. в этом случае она может выплачивать более низкие проценты по сравнению с процентами, которые требует банк.

Известным финансовым инструментом являются кредиты золотом. Банк дает компании займы золотом, которое компания продает на месте по цене при условии немедленной оплаты для финансирования капитальных затрат. Выплата долга производится в виде добываемого золота при добавлении небольшого количества золота для уплаты процентов. Если цена на золото падает в промежутке между взятием кредита и выплатой долга, то горнорудная компания выигрывает. Если цена на золото растет, то компания немного теряет из-за разницы между старой и новой ценой.

Несмотря на все виды банковского жаргона, такие как металл, контанго, "бэкуордейшн", продажа на месте и вперед, фьючерсные сделки и т.д., окончательный смысл состоит в одном: выдается кредит, который должен быть выплачен назад с процентами.

### Наличие финансов

Все имеющиеся инвестиционные фонды представляют собой сумму сбережений людей, компаний и правительств. Правительства получают деньги от налогоплательщиков, из прибыли национальных отраслей промышленности, а также создавая новые деньги (печатанием).

Усиленная эмиссия новых денег (печатание) приводит к инфляции из-за того, что теряется контроль над выпуском и тратой денег. При высоком уровне инфляции курс по отношению к иностранной валюте падает, что приводит к новой инфляции в экономике. При этом наблюдается высокий уровень импорта в то время, как страна нуждается в увеличении экспорта.

Исторически процентные ставки всегда были высокими (до 20%), поскольку в бизнесе всегда возникала необходимость занимать деньги. Но теперь ставки стали низкими (10%), т.к. в мире наблюдается спад деловой активности - бизнес не расширяется, и в связи с этим сократились обращения за кредитами.

Тем не менее, американский доллар и японская йена котируются в мире довольно высоко, поскольку все покупают американское и японское оборудование.

Сильный доллар означает, что цены на многие полезные ископаемые, в том числе золото и медь, в долларовом выражении ниже по сравнению с другими валютами.

Неустойчивость денежной массы, ее влияние на стоимость одалживаемых денег, занятость населения, сбережения и курс валют оказывают влияние на наличие фондов для инвестиций в горнорудную промышленность.

Существует также другая проблема, с которой постоянно сталкивается международное банковское сообщество - это огромные кредиты и вклады в развивающуюся экономику стран Африки и Латинской Америки. Многие страны оказались неспособны выплатить долги и проценты, поскольку их экспортные возможности не улучшились, а громадные суммы кредитных средств были растрочены. Такие долги классифицируются банками как "не работающие средства", и если банки указывают их в своих бухгалтерских отчетах как убытки или "суммы, списанные со счета", то это может привести к несостоятельности банков или даже к их закрытию.

Поэтому банки очень осторожно относятся к горнорудным проектам в развивающихся странах и принимают к рассмотрению только первоклассные проекты. При падении цен на металл только проекты с низкой себестоимостью, хорошими запасами и высоким содержанием металла могут привлечь кредиты.

### Правительства

При менее трудных экономических условиях правительства развивающихся стран обеспечивают инвестиционные фонды для горнорудной промышленности. Правительства с развитой экономикой также дают экспортные гарантии поставщикам горного оборудования. Кроме того, правительства оказывают поддержку банкам развития, таким как, Всемирный Банк, Международная Банковская Корпорация, Европейский Банк Реконструкции и Развития. Развитые страны обеспечивают эти банки регулярной финансовой поддержкой.

Кредиты на разработку месторождений всегда можно получить в Германии и Японии, т.к. эти страны очень зависят от импорта минерального сырья для нужд промышленности. Конкретными кредитующими организациями могут быть Kreditanstalt fur Wiederaufbau (Германия) и Overseas Mineral Resources Development Corporation (Япония).

В последние годы наблюдается спад в предоставлении кредитов на разработку месторождений, поскольку основные страны импортеры минерального сырья проявляют все меньше беспокойства по поводу обеспеченности сырьевыми материалами. Это очень важный фактор, означающий, что горные компании из ряда предлагаемых проектов будут выбирать вариант, соответствующий наиболее благоприятным экономическим условиям.

## Банки

Банки являются основным источником кредитов. Они опираются на технические рекомендации, касающиеся запасов полезных ископаемых, капитальных и текущих затрат, а также цен на металл. Тем не менее, банки проводят тщательное изучение и анализ чувствительности и степени риска (Приложение I). Банки требуют детальный ТЭД по проекту (технико-экономическое обоснование) и информацию по самым разнообразным вопросам (Приложение II).

Больше всего банки интересуют ежегодный денежный поток, т.к. он служит показателем платежеспособности предприятия в смысле выплаты кредита и процентов. Приблизительно можно сказать, что банки предъявляют следующие требования: денежный поток после вычета налогов должен превышать сумму выплат по кредитам в два раза.

## Отдельные лица

Основным источником инвестиционных фондов являются сбережения людей, но в этом случае горнорудным компаниям приходится конкурировать с другими отраслями промышленности. Компании достают инвестиционные средства через биржу с помощью выпуска новых акций и предоставления прав подписки на акции. Таким образом можно создать капитал от нескольких миллионов до сотен миллионов долларов.

## Компании

Основным источником финансирования горнорудных проектов является прибыль, остающаяся у предприятия. Компания обладает достаточной свободой действий, хотя и должна предоставлять информационные отчеты в установленном законодательством порядке. Остающаяся прибыль принадлежит держателям акций и считается акционерным капиталом.

Компании могут обеспечить финансирование, используя внутренние резервы, например, путем продажи имущества. Если компания освоила крупный горнорудный объект, она может продать часть этого объекта (через акции) общественности, другим компаниям или правительству.

В 70-х и начале 80-х годов крупные нефтяные компании предприняли вторжение в горнорудную промышленность на базе огромных доходов от нефти, полученных в 70-х годах. Однако, позднее этот источник финансирования был закрыт, т.к. отдача от горнорудных объектов не удовлетворила нефтяные компании.

## Взаимодействие технических и финансовых факторов

Как правило, технические специалисты передают горнорудный проект экспертам по финансам, когда дело касается расчета денежных потоков, NPV и IRR при условии 100% акционерного финансирования.

Руководители финансовых подразделений отвечают за выбор оптимального способа финансирования, источники фондов и оценку влияния проекта в целом на деятельность горнорудной компании.

Это влияние оценивается по следующим показателям: изменение дохода в расчете на акцию, соотношение заемного и акционерного капитала и денежный поток компании в целом.

Обычно окончательное решение по инвестициям принимают финансовые работники и юристы. Однако, в настоящее время все больше растет потребность в технических руководителях, способных участвовать в решении финансовых вопросов на основе данных инженерного анализа.

АНАЛИЗ СТЕПЕНИ РИСКА

Факторы риска в горнорудных проектах

- Ошибки в оценке запасов.
- Задержки в завершении проектов с последующими задержками в получении доходов.
- Перерасход капитальных затрат.
- Технические неполадки оборудования.
- Финансовая несостоятельность главного подрядчика.
- Вмешательство государства в управление проектом.
- Падение цен на минерально-сырьевые продукты.
- Экспроприация объекта правительством страны-хозяина.
- Плохое управление объектом.
- Проблемы охраны окружающей среды.
- Колебание курса валют.
- Плохие отношения с рабочими.

(Д.Потс, "Рекомендации по финансированию горнорудных проектов")

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ФИНАНСОВЫЕ ДАННЫЕ ПО ГОРНОРУДНОМУ ПРОЕКТУ

Информация по горнорудному проекту, предоставляемая кредитору

Спонсоры: Горнорудная компания, филиалы и основные акционеры.

Местоположение:

Законодательный документ о добыче: Закон о недрах

Законодательный документ о земле: Закон о земле

Запасы: Разведочные работы, бурение, валовое опробование, методика подсчета запасов.

Добыча: План добычи, прогнозные содержания, извлечение, основное оборудование и производительность, потребности в рабочей силе, потребности в топливе и материалах, восстановление окружающей среды, удаление отходов.

Обогащение: Схемы обогащения, схема обогатительной фабрики, основное оборудование и производительность, главные и побочные продукты, потребности в рабочей силе, топливе и материалах, факторы окружающей среды.

Инфраструктура: Водо- и энергоснабжение, ремонтные мастерские, транспортные средства, жилищные условия.

Строительство: Ответственность за инженерно-технические работы, материально-техническое снабжение, строительство и управление; график строительных работ, потребности в рабочей силе, строительный участок, трудовые соглашения.

Капитальные затраты: Подробные сведения, достаточные для надежной оценки; сравнение с другими объектами; контроль затрат; график затрат; скидки; непредвиденные расходы; базовые данные для первоначальной оценки; точность оценки.

Эксплуатационные затраты: Методика оценки стоимости; подразделение стоимости на постоянные и переменные составляющие; стоимость рабочей силы, потребности в рабочей силе; стоимость эксплуатации оборудования; коэффициент и стоимость единицы использования материалов, топлива, энергии и расходных материалов; транспортировка, роялти и коммерческие расходы; накладные расходы; темпы инфляции по основным компонентам и влияние на будущую стоимость ожидаемых изменений эксплуатационных параметров, таких как увеличение глубины проходки и расстояния откатки.

Структура промышленности, факторы, влияющие на спрос, соотношение спроса и потребления (прошрое и проектируемое), тенденции ценообразования, конкуренция, заменители, организация продаж, прогноз цен, риск обмена валют, прогноз объемов продаж, число и уровень покупателей, государственное регулирование экспорта, преимущества и недостатки в системе маркетинга.

Анализ денежного потока: Анализ должен выявить экономическую жизнеспособность проекта при различных условиях. Необходимо провести исследование типового варианта. Отклонения от типового случая должны учитывать инфляцию, увеличение капитальных и текущих затрат, задержки в сроках, изменение содержания металла в руде, работу фабрики ниже расчетной мощности, валютные изменения, изменение соотношения кредитного и акционерного капитала.

Независимая экспертиза: Техничко-экономическое обоснование может быть подготовлено компанией, но оно должно пройти компетентную независимую экспертизу.

Требования законодательства: В идеальном случае, перед тем, как обратиться к кредиторам, необходимо получить одобрение центральных и местных государственных органов; по проектам, не получившим одобрение, должны быть даны разъяснения.

Трудовые отношения: Горнорудная компания должна предпринять необходимые меры для снижения возможности возникновения трудовых споров; затраты, связанные с трудовыми спорами должны быть включены в бюджет проекта.

Потенциальный риск: Появление заменителей продукции, устаревание, пересмотр решений правительства, положения об окружающей среде, регулирование иностранного участия.

( Д.Потс, "Рекомендации по финансированию горнорудных проектов" )

- 133 -  
ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ  
(рус. - англ.)

- Анализ чувствительности (sensitivity analysis) - исследование влияния изменения переменных величин (например, продажи товарной продукции) на степень риска или рентабельность капиталовложений
- Аннуитет (annuity) - ежегодная рента, равномерный или усредненный доход поступающий в течение определенных периодов времени (обычно, лет), годовой платеж
- Амортизация (depreciation, amortization) - 1. в экономике: износ и устаревание основных фондов; 2. в финансах: амортизация основного капитала; бухгалтерский прием, используемый для уменьшения величины налогооблагаемой прибыли. Компании могут успешно эксплуатировать полностью амортизированное оборудование (теоретически не имеющее стоимости) и заменять оборудование, изношенное не до конца, если бухгалтерский учет противоречит норме амортизации.
- "Бэкуордейшн" (backwardation) - 1. структура ценообразования, в противоположность "контанго", при которой поставки товара в ближайшем будущем имеют большую цену, чем поставки, сделанные позже; "бэкуордейшн" происходит, когда спрос (например, на металл) превышает предложение.
- Внутренняя норма прибыли (internal rate of return - IRR) - внутренняя норма окупаемости инвестиций; внутренняя норма рентабельности; процентная ставка дисконтирования, при которой современная (нынешняя) стоимость будущих денежных потоков (прибылей) от капиталовложения равна величине капиталовложения. Если суммарная чистая современная стоимость оттоков денег (величина капиталовложения) и притоков (возврат от капиталовложения) равна нулю, то в этом случае ставка дисконтирования и есть внутренняя норма прибыли - IRR. В финансовых расчетах при значении IRR больше величины требуемого возврата на капиталовложения (т.н. предельной ставки - hurdle rate) капиталовложения считаются приемлемыми.
- Временная стоимость денег (time value of money) - обесценивание денег во времени; цена времени, в течение которого инвестор должен ждать, когда его капиталовложения окупятся и начнут давать прибыль. Согласно этому понятию, деньги должны работать, т.к. неработающие деньги обесцениваются.
- Денежный поток (cash flow) - в широком финансовом смысле это движение наличности, перемещение наличных средств или выраженной в деньгах стоимости товаров или услуг; в годовых финансовых отчетах компаний анализируются все изменения, влияющие на денежный поток с точки зрения производства, инвестиций, финансирования. Например, чистая производственная прибыль увеличивает поток, а покупка нового оборудования уменьшает его. Если приток денег превышает отток, то говорят о положительном потоке (positive cash flow), в противном случае денежный поток считается отрицательным (negative cash flow). Компании, у которых капитал в виде основных фондов превышает их обяза-

тельства по платежам, могут, тем не менее, стать банкротами, если не смогут сформировать достаточный денежный поток, чтобы расплатиться по текущим обязательствам. При оценке денежного потока учитывается лишь действительное движение наличности. Отчисления на амортизацию, истощение недр не учитываются. Налог учитывается только в момент его фактической уплаты.

- Дисконтирование (discounting) - приведение денежных величин к современному моменту
- Дисконтированный денежный поток (discounted cash flow - DCF) - величина будущих ожидаемых денежных поступлений и расходов, приведенная к определенному моменту. Существуют 2 метода анализа DCF - метод чистой современной стоимости (NPV) и внутренней нормы прибыли (IRR). Метод NPV предполагает определение современного значения будущих денежных потоков произвольно выбранным учетным процентом дисконтирования. Метод IRR определяет учетный процент дисконтирования, при котором современное значение будущих денежных потоков равно стоимости капиталовложения. Сравнение различных проектов производится либо по современной стоимости (NPV), либо по учетному проценту (IRR).
- Доход (revenue) - доход, полученный от продажи товарной продукции;
- Жизнеспособность проекта (viability) - понятие, означающее, сможет ли проект обеспечить возврат на капиталовложение, покрытие производственных расходов и прибыль акционерам.
- Истощение (depletion) - скидка на истощение недр вычитается из налогооблагаемой прибыли. Ее величина рассчитывается либо, как процент от валовой прибыли, либо на основе стоимости единиц добытой продукции.
- Капитальные затраты (capital cost) - Затраты на строительство объекта, покупку и модернизацию оборудования
- "Контанго" - ситуация на рынке, связанная с поставками металла, когда цена будущих поставок увеличивается. Повышение цены связано с расходами на хранение, страховку и т.д.
- Предельная ставка (hurdle rate) - термин, используемый при планировании необходимых капиталовложений в проект и в анализе дисконтированного денежного потока, означающий требуемую норму возврата на капитал. Если ожидаемая норма возврата на капиталовложение ниже требуемой предельной ставки, то проект считается неприемлемым.
- Период окупаемости (payback period) - период времени, необходимый для покрытия стоимости капиталовложений
- Производственные расходы (operating cost) - эксплуатационные затраты
- Роялти (royalty) - плата за право пользования участком земли или недр. Размер роялти может рассчитываться, как процент от валовой стоимости продукции



- Ставка дисконтирования (discount rate) - процентная ставка, используемая при расчете современной стоимости будущих денежных потоков; критерий временной стоимости денег
- Чистая современная стоимость (net present value -NPV) - метод расчета инвестиций, при котором чистая современная стоимость всех будущих денежных оттоков (напр., капиталовложений) и денежных притоков (прибыли) рассчитывается при заданной процентной ставке дисконтирования (требуемой норме возврата на капитал). Если NPV имеет положительное значение, то капиталовложения считаются приемлемыми. При расчете величины капиталовложений в качестве учетной ставки дисконтирования берется максимальная процентная ставка (hurdle rate), соответствующая приросту стоимости капитала.
- Эксплуатационные затраты (operating cost) - производственные расходы

#### ЛИТЕРАТУРА

- Dennen W. H. (1989) Mineral Resources. Taylor Francis, London
- Potts, D.G. (1985) Guide to Financing of Mining Projects Transactions. Institute of Mining and Metallurgy (Section A: Mining Industry, 94), London.
- Ralph Spencer Associates (1991) Mineral Evaluation. Continuing Education Centre, Imperial College, London.
- Smith, J. (1991) How Companies Value Properties. Canadian Institute of Mining (Vol. 84 No. 953), Toronto.
- Spencer, R. (1993) Impact of Taxation Regimes. Mineral Industry International, Jan. 1993, No. 1010 Institution of Mining and Metallurgy, London.
- Wellmer, F.W. (1986) Economic Evaluations in Exploration. Springer-Verlag, Berlin.