



Ю.Е.Капутин

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ (Для горных инженеров)



СОДЕРЖАНИЕ

1. Введение	6
2.. Основные понятия, показатели и этапы освоения месторождений твердых полезных ископаемых [1].	7
2.1 Основные понятия.....	7
2.2 Стадии развития горного проекта.....	8
2.3 Классификация и оценка запасов полезных ископаемых	10
2.4 Стадия планирования в развития горных проектов.....	13
2.5 Основные экономические термины и понятия, используемые в планировании и оценке горных проектов.....	16
Литература	21
3. Роль и место планирования горных работ в управлении производством	22
3.1. Цель и задачи планирования	22
3.2. Стадии планирования горных работ.....	23
3.3. Риск и источники неопределенности в горных планах	26
3.4. Стратегия изменения борта и планирование направления использования добытой руды 27	
3.5. Принципы определения последовательности извлечения запасов месторождения	31
3.6. Существующая система планирования на рудниках СНГ	34
3.6.1. Введение	34
3.6.2. Последовательность планирования и состав горных планов.....	35
Литература.....	38
4. Компьютерные программы для планирования горных работ.	39
4.1. Интегрированные системы общего назначения	39
4.2. Специализированные пакеты и программы:	46
4.2.1. Оптимизация границ горных работ и календарных планов.....	46
4.2.2. Финансово-экономическое планирование	52
5. Создание блочных моделей месторождений	53
5.1. Геостатистическое исследование месторождения.....	53
5.1.1. Расчет экспериментальных вариограмм.....	53
5.1.2. Подбор моделей вариограмм.....	60
5.2. Создание каркасных моделей месторождений.....	66
5.2.1. Оконтуривание рудных тел и зон минерализации	66
5.2.2. Создание каркасных моделей пространственных объектов	67
5.2.3. Каркасные модели поверхностей.	71
5.3. Блочное моделирование месторождений	72
5.3.1. Структура блочных моделей	72
5.3.2. Прототип блочной модели.....	74
5.3.3. Заполнение каркасов ячейками	75
5.3.4. Интерполяция содержаний и других показателей качества руды	83
5.3.5. Оптимизация и обновление блочных моделей при поступлении новой информации	94
5.4. Оценка рудных запасов.....	97
5.4.1. Процессы Датамайн для оценки запасов.....	97
Литература.....	99
6. Стратегическое планирование. Управление минеральными ресурсами предприятия	99
6.1. Концепция стратегического планирования.....	99
6.1.1. Определение стратегического планирования[5].	100
6.1.2. Организация процесса	102
6.1.3. Оценка ситуации.....	103
6.1.4. Разработка стратегического плана	104
6.1.5. Применение стратегического плана	105

6.2.	Управление минеральными ресурсами предприятия[6]	107
	Стратегия бизнеса	109
	Проектирование организации	111
	Заключение	115
6.3.	Горное планирование и перспективные цели компании[7]	115
6.4.	Производительность труда и стратегическое планирование [8]	118
6.5.	Литература	122
7.	Перспективный план отработки месторождения.	123
7.1.	Введение	123
7.1.1.	<i>Определение производительности карьера</i>	124
7.2.	Оптимизация предельных границ карьеров	126
7.2.1.	Программа Four-D(X)	127
7.2.2.	Программа Maxipit	132
7.3.	Этапы развития карьера	137
7.4.	Календарное планирование работы карьера с помощью пакета NPV Scheduler	139
7.4.1.	Календарное планирование	139
7.4.2.	Оптимизация системы рудопотоков с рудными складами	145
7.4.3.	Оптимизация бортовых содержаний и производительности рудника	148
7.4.4.	Заключение	149
7.5.	Пример использования технологии Whittle (алгоритм Milawa) для оптимизации последовательности горных работ на карьере [3]	150
7.6.	Оптимизация размещения выемочных блоков на подземных рудниках	155
7.6.1.	Введение	155
7.6.2.	Процессы системы Датамайн	156
7.6.3.	Программа Orefinder	159
7.7.	Финансово - экономическое моделирование при перспективном планировании освоения месторождений	162
7.7.1.	Программа добычи руды	162
7.7.2.	Планирование переработки руды	163
7.7.3.	Оценка капитальных затрат	164
7.7.4.	Оценка эксплуатационных расходов	166
7.7.5.	Налоги и платежи	167
7.7.6.	Финансовая структура проекта	168
7.7.7.	Формирование потока наличности	169
7.7.8.	Анализ чувствительности проекта к изменению внешних и внутренних параметров	172
7.8.	Заключение	174
	Литература	174
8.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	175
8.1.	Введение	175
8.2.	Объединение экономики с горным делом	176
8.2.1.	Процесс горного планирования	176
8.2.2.	Оправдание расходов на геологоразведку	177
8.2.3.	Стратегическая Оценка Горных Проектов	179
8.2.4.	Выбор блоков рудных запасов и поэтапное развитие горных работ	179
8.2.5.	Сравнение вариантов горного оборудования	180
8.2.6.	Полная Оценка Проекта	180
8.3.	Рентабельные Схемы Горных работ	181
8.3.1.	Потребность в капитале и его характеристики	181
8.3.2.	Изменение чувствительности и способность приспосабливаться к изменениям	182
8.3.3.	Учет знаний и философии владельца компании	183
8.3.4.	Непрерывный процесс планирования	184
8.4.	Затраты	188
8.4.1.	Затраты в экономической перспективе	188
8.4.2.	Типы затрат	189
8.4.3.	Граничные (критические) затраты	191

8.4.4.	Затраты рудников со многими видами продукции.....	192
8.5.	Исследование программ сокращения затрат [2].....	193
8.5.1.	Важность сокращения затрат.....	193
8.5.2.	Методы сокращения затрат.....	194
8.5.3.	Традиционные подходы для снижения затрат.....	194
8.5.4.	Возможности, пропущенные традиционным подходом.....	198
8.5.5.	Управление культурой сокращения себестоимости.....	199
8.6.	Ценность Денег во Времени.....	200
8.6.1.	Оценка для постоянного момента времени.....	200
8.6.2.	Анализ дисконтированного потока наличности.....	203
8.6.3.	Оборотный капитал, ликвидационная стоимость и временные характеристики потоков наличности.....	205
8.6.4.	Выбор времени для анализа потоков наличности.....	206
8.6.5.	Амортизация, истощение, налоговые кредиты и налогообложение.....	206
8.6.6.	Применение бухгалтерских правил для вычисления потока наличности.....	207
8.6.7.	Факторы дисконтирования, риск и неопределенность.....	208
8.6.8.	Учет инфляции при оценке горных проектов.....	209
8.6.9.	Критерии анализа дисконтированного потока наличности.....	210
8.6.10.	Дисконтированные средние затраты.....	210
8.7.	Планирование геологоразведочных работ.....	212
8.7.1.	Неразрабатываемые месторождения.....	213
8.7.2.	Начальные предпосылки.....	214
8.7.3.	Стратегии капитальных вложений и последующего развития.....	216
8.7.4.	Выводы.....	218
8.8.	Горная Стратегия.....	219
8.8.1.	Введение.....	219
8.8.2.	Инвестиционная дихотомия: риск и прибыль.....	221
8.8.3.	Критерии для принятия решений.....	222
8.8.4.	Ценность при выборе вариантов в условиях неопределенности.....	224
8.9.	Традиционные механизмы для оценки горных предприятий.....	225
8.9.1.	Традиционная оценка проектов.....	226
8.9.2.	Быстрые методы оценки.....	227
8.9.3.	Действующие рудники.....	227
8.9.5.	Компетентность и модели изучения.....	231
	Литература.....	233
9.	Планирование горных работ на действующих предприятиях	233
9.1.	Краткая характеристика процесса планирования.....	233
9.2.	Годовое планирование.....	234
9.3.	Месячное планирование.....	238
9.4.	Недельно-суточное планирование и управление горным производством.....	239
9.4.1.	Создание компьютерной базы данных для краткосрочного планирования,.....	240
9.4.2.	Определение функций служб, участвующих в КП, и системы. информационных потоков между ними.....	240
9.4.3.	Ежедневное планирование добычи руды в карьере и усреднения ее на складах.....	244
	Оценка тоннажа и качества руды в блоке.....	244
	Планирование суточной и недельной добычи руды в карьере с учетом складов.....	245
	Сопоставление плановых и реальных показателей добычи руды.....	245
	Корректировка тоннажа руды в блоках по результатам суточной добычи.....	245
9.5.	Планирование горных работ в системе Датамайн.....	245
9.5.1.	Календарное планирование.....	246
9.5.2.	Автоматическое перемещение добычных забоев.....	253
9.6.	Планирование горных работ с использованием анимации.....	256
	Литература.....	257
10.	Формирование требуемого качества рудопотоков горного предприятия.....	258
10.1.	Характеристика рудопотока.....	258

10.2.	Уравнение рудопотока с учетом качества руды	260
10.3.	Качество продукции горного предприятия	262
10.3.1.	<i>Показатели качества руды</i>	264
10.4.	Основные этапы формирования систем рудопотоков	264
10.4.1.	<i>Геологическое изучение и моделирование массива месторождения</i>	265
10.4.2.	<i>Моделирование системы рудопотоков</i>	265
10.4.3.	<i>Создание реальной системы рудопотоков</i>	266
10.4.4.	<i>Обеспечение нормального функционирования системы рудопотоков</i>	266
10.5.	Системы рудопотоков на рудниках и шахтах	267
10.5.1.	<i>Качественно-количественные схемы рудопотоков горного предприятия</i>	269
10.6.	Расчет преобразования рудопотока в узлах модели	270
10.6.1.	<i>Преобразование "массив-поток" и обратное</i>	271
10.6.2.	<i>Объединение/разделение рудопотоков</i>	274
10.6.3.	<i>Перемешивание рудопотока</i>	274
10.7.	Общая последовательность расчетов по моделированию системы рудопотоков горного предприятия	277
10.8.	Диагностика и корректировка существующих систем управления рудопотоками	277
10.8.1.	<i>Подготовка к работе</i>	278
10.8.2.	<i>Изучение работы системы и сбор информации</i>	278
10.8.3.	<i>Технологические расчеты и разработка рекомендаций</i>	278
10.9.	Диагностика системы рудопотоков АО "Апатит"	280
10.9.1.	<i>Изменчивость качества руды в массиве</i>	281
10.9.2.	<i>Исследование изменчивости руды в потоках</i>	285
10.9.3.	<i>Выводы по результатам исследования</i>	289
10.10.	Диагностика системы рудопотоков ОАО «Жайремский ГОК»	292
10.10.1.	<i>Введение</i>	292
10.10.2.	<i>Описание системы рудопотоков</i>	292
10.10.3.	<i>Сбор исходной информации</i>	294
10.10.4.	<i>Требования ОФ к однородности и качеству рудопотоков</i>	295
10.10.5.	<i>Основные статистические показатели рудопотоков</i>	296
10.10.6.	<i>Корреляционный и регрессионный анализ</i>	299
10.10.7.	<i>Расчет вариограмм (автокорреляционных функций) рудопотоков</i>	301
10.10.8.	<i>Исследование однородности рудопотока в карьере</i>	302
10.10.9.	<i>Изменчивость потоков руды на складах и на ОФ</i>	304
10.10.10.	<i>Изменчивость продуктов обогащения</i>	305
10.10.11.	<i>Расчет параметров усреднительного склада</i>	305
10.10.12.	<i>Заключение</i>	307
11.	Управление потерями и разубоживанием руды	308
11.1.	Введение	308
11.2.	Методика расчета потерь и разубоживания руды	310
11.3.	Примеры расчета потерь и разубоживания на открытых горных работах	315
11.3.1.	<i>Высокогорное месторождение золота</i>	315
11.3.2.	<i>Железо-марганцевое месторождение</i>	319
11.4.	Оценка разубоживания для подземных горных работ [2]	324
11.4.1.	<i>Модель разубоживания</i>	324
11.4.2.	<i>Определение Разубоживания</i>	325
11.5.	Пример оценки разубоживания и потерь для подземного рудника	327
	Литература	332
12.	Заключение	332
	Приложения	332
1.	Перечень основных нормативных документов, регламентирующих порядок разработки и согласования планов развития горных работ и нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче и переработке	332

1. Введение

Идея написать книгу, посвященную горному планированию с использованием современных информационных технологий, пришла автору давно. Важность темы очевидна, т.к. каждое действующее горное предприятие ежедневно (ежедневно, ежемесячно, ежегодно и т.д.) вынуждено решать задачу, как получить нужное количество готовой продукции с наименьшими затратами, используя определенный набор горной техники и известное (вероятное) распределение полезного ископаемого в недрах.

Любая компания, прежде чем вкладывать деньги в освоение того или иного месторождения, должна выполнить установленный набор технико-экономических расчетов (ТЭО), спланировать отработку всей залежи наиболее эффективным способом и оценить, какую прибыль получат акционеры в расчете на каждый вложенный рубль (доллар, евро и т.п.)

Традиционные для СССР методы планирования с жесткими «неподвижными» бортовыми содержаниями компонентов в руде и ориентацией на максимально возможное перевыполнение плана добычи руды потихоньку уходят в прошлое. Все меньше ощущается диктат контрольных и директивных органов, которые закономерно перемещают центр тяжести своей «заботы» на безопасность труда и экологические проблемы. В конце этого трудного пути горное предприятие окажется «один на один» со своим месторождением и мировым рынком металлов, и никто ему не будет указывать, как наиболее эффективно вести себя в той или иной ситуации. Каждый неверный шаг в этой «игре» будет полезен конкурентам и наоборот.

Одним из самых главных критериев станет максимальный доход акционеров компании, которые вложили собственные деньги в этот проект.

Кроме коренной ломки понятий о критериях работы горного производства управляющий персонал компании вплотную сталкивается с проблемами освоения и эффективного использования преимуществ информационных технологий. Эти технологии позволяют в условиях неопределенности информации о распределении качества сырья в недрах и рыночной ситуации оперативно формировать наименее рискованные решения, которые приводят к сохранению стабильности и повышению доходов даже при неблагоприятных внешних и внутренних условиях.

Поскольку в СНГ пока нет избытка литературы (на русском языке), посвященной горным информационным технологиям, то автор взял на себя смелость оперативно изложить на бумаге тот опыт планирования, который у него имеется, а также содержание некоторых западных монографий и статей, посвященных рассматриваемой теме. Автор не вполне уверенно чувствует себя в области планирования подземных горных работ, где у него отсутствует серьезный опыт, поэтому в книге основной упор сделан на открытые горные работы, а разделы, связанные с подземными рудниками, существуют только там, где автор, по его мнению, может сообщить что-то полезное своим читателям.

Часть материала, имеющего прямое отношение к рассматриваемой проблеме, было взято (с некоторыми модернизациями и дополнениями) из предыдущей книги автора «Горные компьютерные технологии и геостатистика», вышедшей в свет в 2002 г в издательстве «Недра».

Горный план на любой стадии состоит из технической (горной) части и обязательных разделов, связанных с финансово-экономической, маркетинговой, юридической, политической, экологической и других видов оценок, которые играют не менее важную роль, чем первая часть. Каждый из разделов плана выполняют специалисты соответствующей квалификации, но т.к. автор – горный инженер, то в книге подробно будет рассматриваться только первая (горная) часть процесса планирования, а остальные разделы плана будут приведены с той детальностью, которая нужна горному планировщику для осознания проблемы целиком.

В книге главным образом будет рассматриваться процесс горного планирования, который осуществляется на действующих предприятиях. Однако, ряд разделов посвящен перспективному планированию, с которым сталкиваются специалисты при освоении новых залежей или месторождений, а также при регулярной корректировке составленных ранее планов в случае изменения горно-технических или внешних условий разработки своих минеральных ресурсов.

В главе 2 рассматриваются коренные установки (концепции) горного планирования и определяется его цели и место в горном производстве. Основные определения приводятся в западной интерпретации.

В главе 3 система планирования, которая использовалась в СССР и еще действует (полностью или частично) на некоторых отечественных предприятиях, сравнивается с системой, принятой в мировой практике.

Глава 4 посвящена рассмотрению основных (преимущественно – западных) инструментов информационных технологий – программного обеспечения для решения разнообразных задач горного планирования. Здесь рассматриваются широко применяемые на Западе системы и программы в том состоянии, в каком они были на момент написания главы. Изменение этих продуктов происходит чрезвычайно быстро, поэтому надо быть готовым, что через 2-3 года описанная в книге программа будет выглядеть совершенно по-другому.

Современное горное планирование не может быть реализовано, если предварительно не создана геологическая модель месторождения. В главе 5 рассматривается процесс и основные приемы по формированию таких моделей в компьютерных системах Датамайн и Джемком. Здесь же приводятся основные сведения по геостатистическому исследованию месторождений.

В главе 6 приводится концепция стратегического планировании применительно к горному производству. Дается общее представление об информационных технологиях управления горным предприятием и минеральными ресурсами.

Глава 7 посвящена проблемам перспективного планирования отработки всего месторождения. Рассматриваются методы оптимизации границ открытых и подземных горных работ и примеры таких расчетов. Приведено сравнение критериев и методов оптимизации, принятых в СНГ и на западе. Особое внимание уделено оценке риска решений, принятых на этой стадии. Каждый рассматриваемый и оцениваемый проект обычно достаточно полно характеризуется финансово-экономической моделью. Проблемы, связанные с созданием таких моделей и их использованием также рассматриваются в этой главе

Глава 8 кратко рассматривает экономические аспекты горного планирования, ориентированные на западные методы оценки горных проектов и повышения эффективности работы карьеров и подземных рудников.

Глава 9 посвящена некоторым особенностям годового, месячного и краткосрочного планирования горных работ в основном на действующих карьерах. Приведен пример создания информационной системы краткосрочного планирования процесса формирования рудопотоков горного предприятия.

В главе 10 рассматриваются проблемы компьютерной диагностики рудопотоков горных компаний, анализа полученных результатов и корректировки параметров действующей системы рудопотоков для поставки на переработку руды требуемого качества.

Серьезное место в планировании занимает учет потерь и разубоживания руды. В главе 11 проводится анализ используемых в СНГ и на западе методов расчета указанных параметров, а также – рекомендуется ряд приемов, присущих информационным технологиям.

2 Основные понятия, показатели и этапы освоения месторождений твердых полезных ископаемых [1].

2.1 Основные понятия

Одно из первых понятий, с которым сталкиваются специалисты горной промышленности, и которое они должны твердо усвоить, - это определение "руды". Одно из наиболее ранних определений в западной литературе дано ниже:

«РУДА - это металлосодержащий минерал или смесь металлосодержащих минералов, перемешанные с породой, которые с точки зрения горняка могут быть отработаны с прибылью или с точки зрения металлурга могут быть переработаны с прибылью.»

Это определение еще соответствует ранней традиции делить месторождения на 2 группы: металлические (руда) и неметаллические. Сейчас применение слова "руда" распространено и на неметаллические полезные ископаемые, поэтому изменилось и определение термина «руда», которое сейчас используется в более упрощенном виде.

«РУДА - это природная смесь одного или более твердых минералов, которые могут быть отработаны, переработаны и проданы с прибылью.»

Здесь полезно вспомнить, что означают термины, составляющие данное определение.

Ключевая концепция - прибыль. В обычном упрощенном понимании Прибыль (P) равна разности между размерами Дохода (D) от продажи продукции и Себестоимости (C) этой продукции, т.е.:

$$P = D - C \quad (2.1)$$

В свою очередь Доход равен произведению количества проданной продукции (Q) на среднюю цену единицы (De). Затраты равны произведению количества проданной продукции на себестоимость единицы (Ce).

Тогда:

$$P = Q(De - Ce) \quad (2.2)$$

Добываемые при разработке месторождений полезные ископаемые поступают на мировой рынок от горных предприятий, разбросанных по всему миру. Цена, получаемая за эти минералы, определяется мировым соотношением "предложение-спрос". Следовательно, компонент цены в последнем уравнении в основном определяется независимо от той или иной горной компании. Таким образом, горный инженер может реально повлиять лишь на вторую составляющую уравнения - затраты.

Вместе с тем все время появляются новые технологии, за счет которых можно уменьшить затраты, но они очень быстро распространяются и появляются повсеместно. Следовательно, чтобы обеспечивать гарантированную прибыль в течение длительного времени горный инженер должен постоянно проверять и оценивать все возможные для своего предприятия пути сокращения затрат. Это достигается за счет лучшего знания месторождения, а также - используемой (и потенциальной) технологии и механизации добычи руды. Сокращение производственных затрат за счет повышения эффективности работы предприятия и безопасности (в т.ч. - экологической) горных работ является серьезной проблемой, и будет еще важнее в будущем - с возрастанием глубины горных работ и ужесточением законодательных и нормативных ограничений.

Если предприятие перестает давать прибыль, то это оборачивается катастрофой для многих людей, связанных с данным производством, большинство которых при этом теряет работу.

2.2 Стадии развития горного проекта.

В мировой практике различают 3 основные стадии освоения месторождения (проекта):

- геологоразведка (exploration),
- развитие (development)
- разработка (production stages).

Геологоразведка включает в себя процессы поиска месторождения и последующего его изучения до получения достоверной информации о строении и залегании рудных тел.

Стадия Развития включает в себя комплекс работ, выполняемых на месторождении (после окончания геологоразведки), с целью обеспечения достаточного количества и качества запасов для эффективной добычи и переработки руды.

Стадия Разработки месторождения обеспечивает превращение добываемого на месторождении полезного ископаемого в товар, возможный к продаже на мировом рынке.

В разных странах может использоваться несколько отличная от вышеприведенной терминология, но описанная последовательность стадий в своей основе является повсеместно стандартной для подготовки минеральных ресурсов к эксплуатации.

На рис. 2.1 показан в виде диаграммы обычный процесс освоения месторождения. Как можно увидеть, положительные изменения в ситуации на рынке создают условия для возрастания спроса на минеральные ресурсы и возобновления процесса инвестирования финансовых ресурсов в разработку новых месторождений.

Изменение мировых цен и развитие технологии приводят к появлению интереса к забалансовым месторождениям. Эти месторождения должны быть, прежде всего, тщательно изучены для определения их экономической эффективности. Такой процесс оценки и является стадией планирования ("planning phase") проекта. Результатом этого исследования является Технико - экономическое обоснование или «feasibility report». После его завершения принимается решение: продолжать развитие проекта или нет. Если принято положительное решение, то предпринимается детальное исследование возможностей рудника и Обоганительной Фабрики. Это называется стадией планирования (рис. 2.2), за которой следуют стадии инвестиций или проектирования и стадия строительства предприятия (planning, implementation, investment, design and construction phase).

Конечным этапом процесса является разработка месторождения (production или operational phase), в процессе которой руда извлекается и перерабатывается. В конечном итоге продукция горного предприятия продается на рынке.

Участие горного инженера в этом процессе начинается на стадии планирования и продолжается во всех последующих этапах.

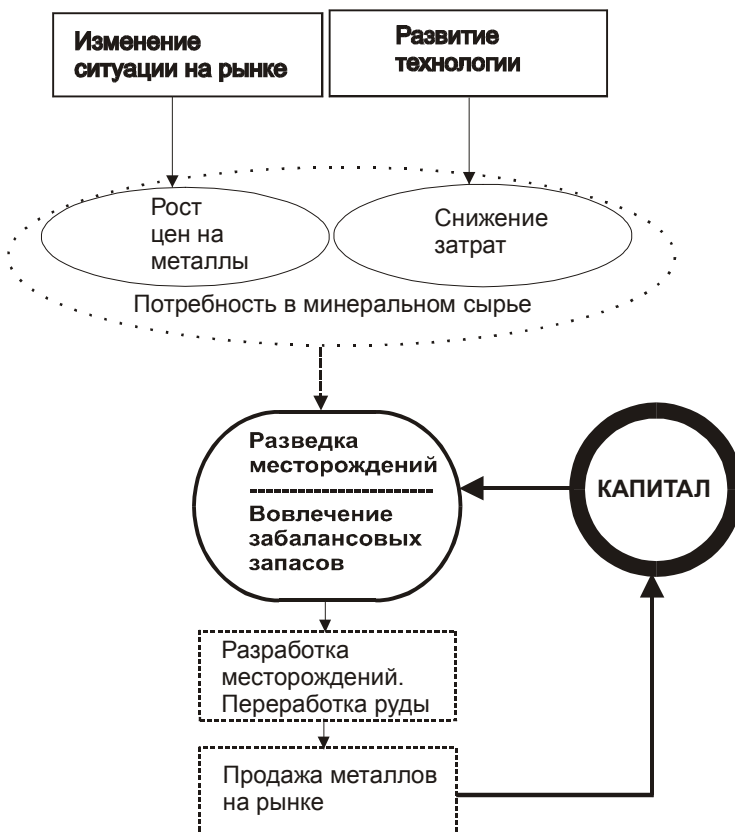


Рисунок 2.1. Диаграмма процесса освоения ресурсов минерального сырья

На рис.2.2 показана связь различных фаз развития проекта во времени. Фаза реализации проекта (implementation phase) состоит из 2-х периодов:

- проектирования и строительства объектов,
- обкатки оборудования и настройки процессов.

Стадия проектирования и строительства включает деятельность по проектированию предприятия, обеспечению стройки всем необходимым и непосредственно строительству. Это период наибольших значений капиталовложений в проект, а экономия средств здесь достигается за счет соблюдения и минимизации сроков строительства.

Вторая стадия - обкатка (настройка) технологии (the commissioning period). В это время производится опробование всех компонентов технологии и подготовка их к началу работы предприятия. Обычно это делается без использования какого-либо сырья и руды. В практике часто недооценивают степень важности этой стадии.

Стадия производства также имеет 2 периода. Начальный период обычно стартует с поступления первых руды на переработку и заканчивается, когда качество и количество продукции выходит на проектный уровень. Вторая стадия - нормальная эксплуатация предприятия.

Как можно увидеть из рис. 2.2, стадия планирования дает громадную возможность минимизировать капитал и производственные затраты проекта и в то же время - максимизировать производительность и прибыльность предприятия. Ниже, в главе _____ эта стадия будет рассмотрена подробно.

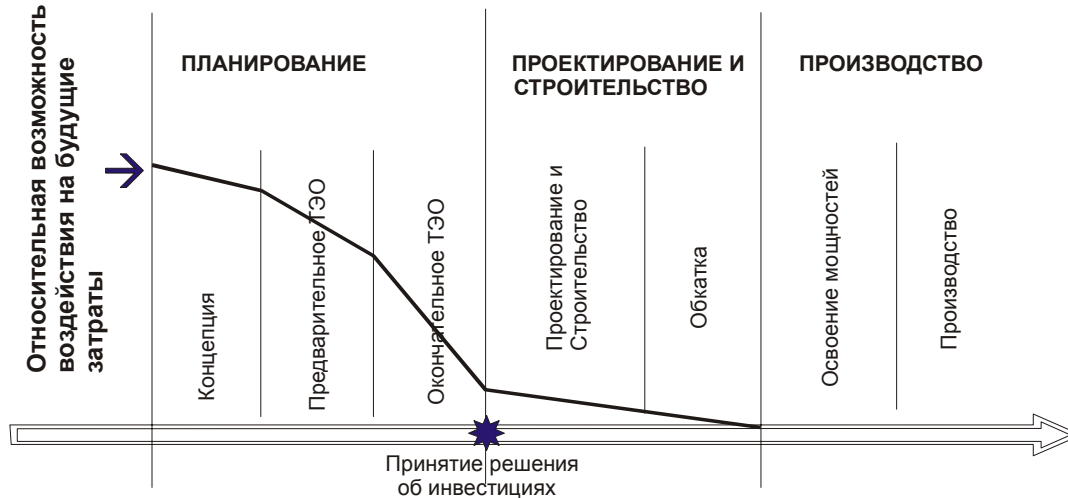


Рисунок 2.2. Стадии развития горного проекта

В начале концептуального изучения проекта имеются неограниченные возможности влияния на предстоящие затраты горного предприятия. После того, как принимаются те или иные решения (вне зависимости правильные или нет), возможности их влияния на уровень предстоящих затрат сильно уменьшаются.

Потенциальное влияние проекта на затраты уменьшается тем больше, чем больше решений принято на стадии проектирования. В конце строительства предприятия этих возможностей уже не бывает.

2.3 Классификация и оценка запасов полезных ископаемых

В США, ЕЭС и Австралии разработаны и повсеместно используются специальные нормативные документы [2,3], регламентирующие порядок разработки, содержание геологических отчетов, их экспертизы, а также подробное описание классификации ресурсов и запасов руды. Ниже приводятся выдержки из этих документов.

Одной из главных составляющих указанных Кодексов является определение «Компетентного специалиста» или компании, которые несут полную ответственность за достоверность информации, изложенной в составляемых ими геологических отчетах. Это очень важная особенность рыночной экономики, поскольку от порядочности и компетентности геологов, оценивающих рудные запасы, в огромной степени зависит биржевая оценка акций горных компаний. Искажения этой информации создают условия для крупных спекуляций, наносящих ущерб экономике государства или региона.

Например, в Австралийском Кодексе записано: **'Компетентный специалист' должен быть Членом или Товарищем (Fellow) Австралийского института Горного дела и Металлургии и/или**

Австралийского института наук о Земле с опытом работы не менее пяти лет, знающий данный тип минерализации и месторождений. Если Компетентный специалист оценивает, или контролирует оценку Минеральных Ресурсов, он должен иметь существенный опыт соответствующей оценки. Если Компетентный специалист оценивает, или контролирует оценку Рудных Запасов, он должен иметь существенный опыт соответствующей оценки, в т.ч. - знать экономические детали переработки и извлечения полезных компонентов.'

На рис. 2.3 показана принятая на Западе (США, Канада, Австралия и др.) схема преобразования геологической информации в ресурсы и запасы руды.

Геологическая информация - это информация, полученная в результате поисковых геологоразведочных работ по обнаружению месторождений, определению их размера, состава, формы и качества рудных тел. Геологические методы включают геологические, геохимические, геофизические исследования, скважинное бурение, опытные горные работы и т.п.

Ресурсы - это природная концентрация твердых, жидких или газообразных материалов в Земной коре в такой форме и количествах, которые обеспечивают текущее или экономичное (потенциальное) извлечение их в товарный продукт. Размещение, качество и количество руды при этом известно или оценено из достаточно достоверной геологической информации. Для отражения степени геологической определенности ресурсы могут быть подразделены на измеренные (measured), установленные (indicated) и предполагаемые (inferred).

Измеренными (Measured) ресурсы становятся, когда объем руды рассчитан по контурам рудного тела, установленным по обнажениям, траншеям, выработкам, скважинам; содержания полезных компонентов и качество руды рассчитывается по данным детального опробования. Плотность опробования и изучения залежи настолько большая, что размеры, форма, глубина и содержание минералов в руде установлены достоверно.

Установленные (Indicated) ресурсы являются как правило менее разведанными чем в предыдущей категории, но степень их изученность такова, что позволяет судить о непрерывности оруденения между точками опробования.

Предполагаемые (прогнозные, перспективные) (Inferred) ресурсы характеризуются еще меньшей степенью изученности.

Геологические оценки непрерывности оруденения могут опираться как на реальные пробы, так и на геологические, геохимические, геофизические и т.п. исследования.

Запасы - это часть ресурсов, соответствующая определенным ограничениям по качеству, мощности, глубине залегания и т.п., которая может быть извлечена и переработана с установленной экономической целесообразностью и соблюдением Законодательства на момент оценки. Возможность добычи и переработки этих запасов должна быть реальной или может быть предложена на основе соответствующих испытаний и измерений.

Термин "экономическая целесообразность" означает, что прибыльная отработка или переработка этих запасов с разумными инвестициями установлена или может быть достоверно предложена на основе соответствующих испытаний. Эти данные должны быть подтверждены ценами и затратами, действительными в течении жизни проекта.

Термин "соблюдение Законодательства" не означает, что все необходимые разрешения и согласования для добычи и переработки руды уже получены или что другие юридические вопросы полностью решены. Однако, для оцениваемых запасов не должно быть какой-либо серьезной неопределенности по поводу возможности получения этих разрешений.

Запасы связаны с ресурсами следующим образом:

Достоверные (Proven) запасы. Это часть измеренных ресурсов, которые удовлетворяют условиям, классифицирующим руду, как запасы.

Вероятные (Probable) запасы. Это часть установленных ресурсов, которые удовлетворяют условиям, классифицирующим руду, как запасы. Впрочем, иногда измеренные ресурсы могут быть переведены только в группу вероятных запасов (см. рис. 2.3.)

При классификации запасов должно быть установлено, какой материал оценен: залегающий в недрах или извлекаемый. При оценке руды в недрах должен быть учтен уровень ее потерь и разубоживания при добыче и переработке.

Существуют особенности применения геологической терминологии в отчетах о ресурсах и запасах руды. Так термин "ресурсы" рекомендуется употреблять в словосочетаниях:

- минеральное сырье, mineral resource,
- идентифицированные ресурсы, identified resource,

- ресурсы в массиве, *in situ resource*.

Термин «запасы» рекомендуется использовать в сочетаниях: рудные запасы, '*ore reserve*', отрабатываемые запасы, '*minable reserve*' и извлекаемые запасы, '*recoverable reserve*'.

Термины возможные запасы '*possible reserve*' и предполагаемые запасы '*inferred reserve*' не используются в данной квалификации. Материал, названный этими терминами не обладает необходимым уровнем достоверности, чтобы быть квалифицированным, как запасы.

Термин "руда" должен быть использован только для материала, который соответствует требованиям для запасов.

Рекомендуется, чтобы достоверные и вероятные запасы в отчете были описаны отдельно. Там, где употребляется только термин "запасы", следует понимать сумму достоверных и вероятных запасов.

В Российской классификации запасов тоже существуют 2 группы сырья, в общем соответствующих ресурсам и запасам. Введено понятие балансовых и забалансовых запасов. В отличие от западных систем, однако, здесь до сих пор чувствуется влияние концепции государственного контроля за балансом минерального сырья. Первая группа соответствует запасам, которые могут быть отработаны с экономическим эффектом. Границей между этими группами служит заранее определенное значение бортового содержания и способность выгодно переработать эту руду с помощью существующей технологии.

Ресурсы классифицированы по категориям А,В,С1,С2,Р1,Р2 и Р3. Первые 4 группы ресурсов могут быть балансовыми и забалансовыми, а классификация здесь опирается больше на степень изученности геологии, а не на экономические расчеты. Первая группа запасов (А) обычно представлена уже оконтуренными зонами на действующих рудниках. Это же относится и ко второй группе (В), которая редко достигается в процессе обычных геологоразведочных работ. Последние 3 категории по аналогии с западными классификациями относятся к '*inferred resources*' и не могут быть включены в любую категорию извлекаемых запасов (*reserves*).

Таблица 2.1 Сопоставление категорий ресурсов и запасов руды

Ресурсы	Measured	Indicated	Inferred
Запасы	Proved	Probable	<i>Possible</i>
Точность, %	20	50	>50

Сопоставляя классификации России и стран Запада, можно с уверенностью говорить лишь о приблизительном их соответствии. Наша классификация слишком регламентирует многие "мелочи" процесса оценки запасов и критерии, в то время как на Западе большинство этих моментов находится в компетенции Специалиста, которому доверена оценка. Здесь же надо учитывать иногда совершенно несопоставимые критерии оценки минеральных запасов, стратегии их освоения в СССР и на Западе, а также весьма специфические многолетние традиции и технологии разведки и разработки месторождений полезных ископаемых в России.

Таким образом, однозначно произвести переоценку запасов какого-то месторождения СНГ по западной классификации без тщательной ревизии всей имеющейся геологической информации, сопоставления результатов опробования и пересмотра границ геологических подсчетных блоков, на наш взгляд, невозможно.

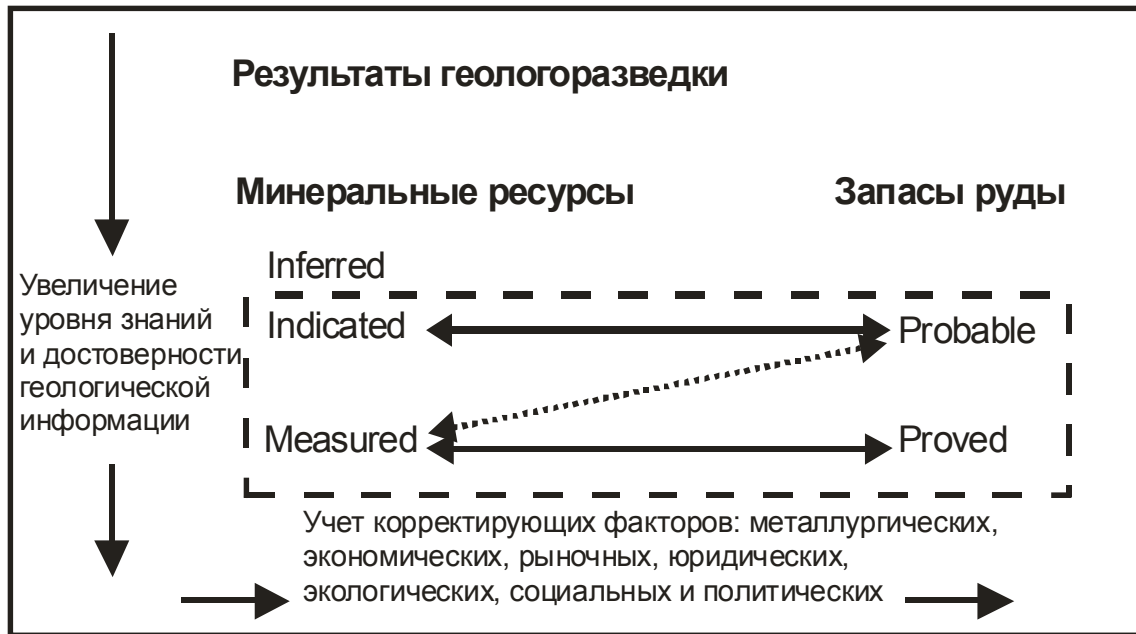


Рисунок 2.3. Связь между ресурсами и запасами

2.4 Стадия планирования в развития горных проектов

В начале стадии планирования любого нового проекта имеется большое число различных факторов и проблем, которые требуют внимательного рассмотрения. Некоторые из них могут быть легко разрешены, в то время как другие требуют глубокого анализа. Чтобы не забыть какой-то раздел плана используются различные справочные перечни необходимой исходной информации. Один из таких перечней приведен ниже¹.

1. Топография поверхности и ее состояние
2. Климатические условия района
3. Водные ресурсы
4. Геологическая информация
5. Гидрогеология
6. Инженерная геология
7. Площадь для размещения Обоганительной Фабрики
8. Площади для размещения хвостохранилищ и отвалов
9. Существующие дороги
10. Снабжение энергией
11. Возможность металлургической переработки
12. Собственность на землю
13. Законодательные акты
14. Экономические условия
15. Связь с населенными пунктами
16. Методы получения информации

Стадия планирования обычно включает в себя 3 этапа исследования.

Этап 1: Концептуальная оценка

Концептуальная (или предварительная) оценка представляет собой преобразование некоторой проектной идеи в реальное предложение для инвестиций с использованием относительных методов оценки возможностей проекта и предстоящих затрат для рассмотрения вероятности реальных инвестиций. Капитальные и производственные затраты на этой стадии

обычно приближенно оцениваются методом аналогии. Для подготовки такой информации требуется работа 1-2-х инженеров. В заключении исследования составляется Отчет о Концептуальной оценке.

Этап 2: Предварительное (или pre-feasibility study - PFS) технико-экономическое исследование.

Эта стадия является промежуточной и обычно еще не сопровождается решением об инвестировании проекта. Она имеет цель определить, стоит ли тратить деньги и время на следующую стадию (feasibility study) и являются ли все аспекты проекта с критической точки зрения жизнеспособными и нуждающимися в глубоком анализе на последующих стадиях.

Предварительная стадия должна рассматриваться как промежуточная стадия между относительно недорогой концептуальной и относительно дорогой - стадией ТЭО (feasibility study). Некоторые выполняют эту работу силами 2-3-х специалистов, имеющих доступ к соответствующим экспертам, другие предпочитают создавать с этой целью большие коллективы.

Этап 3: ТЭО (feasibility study - FS)

Эта стадия обеспечивает определение технических, экологических и экономических условий для принятия решения об инвестициях. Она использует интерактивные процессы для оптимизации всех ключевых элементов проекта. В течение этой стадии определяются: производительность производственных объектов, технология, капитальные и производственные затраты, доходы от продажи товара, и скорость возврата капитальных затрат. Обычно здесь достаточно точно определяются масштабы работ, а ТЭО является базовым документом для продвижения проекта по следующим стадиям.

Ниже последние 2 стадии описываются более детально.

Содержание предварительного отчета PFS (ТЭР).

Важными разделами такого Отчета являются:

- Цель исследования;
- Технические решения;
- Заключение;
- Тоннаж и содержание (запасы) полезных компонентов в руде;
- Программа (календарный план) отработки и переработки запасов;
- Оценка капитальных вложений;
- Оценка производственных затрат;
- Оценка дохода;
- Налоги и финансирование;
- Таблицы потока наличности.

Степень детальности зависит от качества и количества информации. Аналогом этого отчета в России является технико – экономический расчет (ТЭР). В отличие от своего «западного родственника» наш расчет более регламентирован в деталях по форме и содержанию.

Содержание Отчета FS (ТЭО).

Учитывая особую важность этого Отчета, необходимо включить в него всю детальную информацию, позволяющую обеспечить общее понимание и оценку проекта или причины для выбора особых процессов, оборудования или последовательности действий.

Основные разделы ТЭО:

- Общие сведения о проекте
- Геология
- Оценка запасов руды
- Горные работы
- Переработка руды
- Вспомогательные службы предприятия
- Оценка капвложений
- Производственные затраты
- Маркетинг
- Права, собственность
- Финансирование и налоги
- Экология
- Анализ доходов и прибыли

Описанные выше Отчеты являются серьезными банковскими документами и должны быть легкими для чтения и понятны нетехническим специалистам. Они всегда изучаются различными экспертами, поэтому использование нескольких небольших томов делает это ознакомление более легким и сокращает необходимое количество копий.

Точность оценок на стадии ТЭО.

Тоннаж и содержание

Имеющаяся на стадии ТЭО информация по опробованию руды и проверке его результатов делает возможным оценку содержания и тоннажа с точностью +/-5%. Хотя общий тоннаж руды может быть достаточно хорошо известен (например, если было проведено бурение скважин ниже предельного уровня карьера), но на практике окончательные значения запасов многих месторождений остаются туманными, т.к. они связаны с соотношением цен и затрат на более поздних стадиях жизни предприятия. При использовании дисконтирования потоков наличности тоннаж руды поздних стадий работы предприятия оказывается не слишком важным для оценки на стадии ТЭО. Наиболее существенным будет знание (с максимально возможной точностью) качества руды, добываемой в течение первых лет работы карьера.

Два стандартных положения действительны для наиболее крупных карьеров:

1. Необходимо знать с максимальной точностью и достоверностью характеристику минимальных запасов руды, равных потребностям для периода, для которого в ТЭО произведен расчет потока наличности.

2. Должен быть рассчитан окончательный потенциальный (немного завышенный) тоннаж руды, чтобы определить зону влияния карьера, внутри которой не должны строиться капитальные сооружения и размещаться отвалы.

Производительность.

Здесь рассматриваются 2 параметра: производительность и извлечение. Проектная производительность может быть легко достигнута на практике, если работы правильно организованы, а оборудование правильно подобрано.

Эффективность будет падать, если вскрышные и подготовительные работы отстают от темпа добычи. Эти моменты должны быть с максимальной точностью рассмотрены на стадии ТЭО.

Производительность Обоганительной фабрики (ОФ) обычно ограничивается пропускной способностью стадий дробления и измельчения. Принципы проектирования ОФ хорошо известны, но их грамотное использование требует точных сведений о прочности и измельчаемости руды. Эти параметры должны быть хорошо изучены на предварительной стадии планирования.

Эффективность обогащения определяется тремя параметрами: тонкостью помола, извлечением и содержанием полезных компонентов в концентрате. Очень похожие оценки могут быть и при металлургической обработке руды. Требуемая точность оценок связана с качественным проведением технологических испытаний руды.

Затраты.

Некоторые элементы затрат, особенно в разделе производственных, незначительно отличаются для различных рудников и достоверно известны в деталях. Другие могут быть уникальными или трудно оцениваемыми. Обычно точность оценки капитальных и производственных затрат связана с точностью определения объемов, цен и т.п. и компенсируется непрямыми (косвенными) или накладными расходами. Такой подход ведет к возрастанию неопределенной части расходов. По этой причине они должны быть конкретизированы насколько возможно, а не скрыты или распределены в другие статьи прямых затрат.

Допускается случайное перерасходование средств в непредвиденных ситуациях, таких как забастовки, нарушение сроков строительства объектов, низкое качество отдельных строительных работ или проблемы с погодой. Эти непредвиденные расходы должны также предусматриваться в проекте. Но здесь необходима осторожность. Эта статья расходов не покрывает ущерба от плохого качества проекта и никогда не должна компенсировать плохую работу.

Точность оценки капитальных и производственных затрат возрастает от стадии к стадии. Обычно она выражается следующими цифрами:

Концептуальная стадия : +/- 30%,

ТЭР : +/- 20%,

ТЭО : +/- 10%.

Такая точность оценки затрат необходима для принятия обоснованного решения о продолжении работ по проекту.

Цены и доход

Доход - это самый важный экономический параметр на протяжении жизни предприятия. За счет него делаются все оплаты, включая дополнительные инвестиции в течение срока работы рудника. Так как доход является важнейшим показателем, то для предприятия наиболее чувствительным будет изменение дохода, чем изменение в такой же пропорции любого другого параметра затрат.

Величина дохода зависит от содержания в руде полезного компонента, производительности предприятия, извлечения компонентов и цены на конечную продукцию. Из этих показателей цена – это наиболее трудный параметр для оценки, и ее величина не находится под контролем оценщика.

Даже без учета инфляции цены сильно варьируют во времени. Обычно они склонны к циклическим колебаниям.

Отделы маркетинга крупных горных компаний хорошо информированы о поведении кривых "предложение/спрос" и движении мировых цен на металлы. Обычно они могут предсказать поведение цен с вероятностью 80% или выше. Идеально, если даже при консервативной оценке цены, проект обеспечивает, по крайней мере, минимально допустимый уровень прибыльности.

2.5 Основные экономические термины и понятия, используемые в планировании и оценке горных проектов

Для того, чтобы правильно использовать термины: "руда" или просто "минерализованная порода", необходимо провести экономические исследования и рассчитать доходы и затраты будущего горного производства. В этом разделе рассматриваются некоторые детали таких расчетов.

Будущие доходы от продажи продукции.

Если кто-то положил сегодня 1\$ на счет в банке под обычные 10%, то в конце года он получит 1.10 \$, что может быть записано, как

$$FW = PV(1+i) \quad , \quad (2.3)$$

где: FW - будущая стоимость,
PV - сегодняшняя стоимость,
i - норма банковского процента.

Если деньги оставлены на счете, то через 2 года сумма достигнет 1.21 \$, т.е.

$$FW = PV(1+i)(1+i) \quad .$$

В конце n лет хранения сумма достигнет

$$FW = PV(1+i)^n \quad . \quad (2.4)$$

Сегодняшняя стоимость

Процедура расчета будущей стоимости может быть выполнена в обратном порядке для ответа на вопрос "Сколько денег надо положить на счет, чтобы через 5 лет получить 1.61 \$ при банковском проценте 10%?" Для такого расчета используется формула

$$PV = \frac{FW}{(1+i)^n} \quad (2.5)$$

Подставив предыдущие значения в эту формулу, мы получим PV=1 \$.

Сегодняшняя стоимость для серии одинаковых платежей

Предположим, что ежегодно в конце года в течение 5 лет в банк вносится по 1 \$. Мы можем рассчитать (зная банковский процент =10%) сегодняшнюю стоимость каждого платежа, а также суммарную величину платежей.

Первый год: $PV_1 = \frac{1\$}{(1+0.10)^1} = 0.909\$$

.....

Пятый год : $PV_5 = \frac{1\$}{(1+0.10)^5} = 0.621\$$,

а суммарная величина всех выплат - $PV = 3.790 \$$.

Общая формула для расчета сегодняшней стоимости таких ежегодных равных вкладов имеет вид:

$$PV = FW \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (2.6)$$

Рассчитав по этой формуле исходные данные предыдущего примера, получим

$$PV = 1.0 \left[\frac{(1+0.1)^5 - 1}{0.1(1+0.1)^5} \right] = 3.791\$$$

Период возврата кредита

Предположим, что 5 \$ занято в банке сегодня (время=0) для покупки единицы оборудования, а банковский процент = 10%. Предполагается вернуть кредит в виде равных ежегодных платежей по 1 \$. Вопрос " Как долго придется возвращать кредит?" Сегодняшняя стоимость кредита

$$PV(1) = -5 \$.$$

Сегодняшняя стоимость платежей по возврату кредита

$$PV(2) = 1.0 \left[\frac{(1+0.1)^n - 1}{0.1(1+0.1)^n} \right] \quad (2.7)$$

Кредит будет возвращен, когда NPV (чистая сегодняшняя стоимость) будет равна 0, т.е.

$$NPV = PV(1) + PV(2) = -5\$ + 1\$ \left[\frac{(1.10)^n - 1}{0.1(1.10)^n} \right] = 0$$

Так для 5 лет $NPV = -1.209 \$$,
 для $n = 6$ лет $NPV = -0.645 \$$,
 для $n = 7$ лет $NPV = -0.132 \$$
 для $n = 8$ лет $NPV = +0.335 \$$

Таким образом, срок возврата кредита примерно равен 7.25 лет.

Норматив возвращения капвложений

Предположим, что на покупку единицы оборудования в момент времени 0 истрачено 5 \$. Далее в течение 10 лет за счет этого оборудования ежегодно получается прибыль (после уплаты налогов) по 1 \$ ежегодно.

Если положить в банк 5 \$, то при проценте i через 10 лет мы получим в соответствии с уравнением 2.4.

$$FW_1 = 5(1+i)^{10}$$

Будущая стоимость (в конце 10 лет) такой ежегодной 1 \$ прибыли составит

$$FW_2 = A_m \left[\frac{(1+i)^{10} - 1}{i} \right], \quad (2.8)$$

где A_m – ежегодный доход

Норма процента i , при которой будущие стоимости $FW_1 = FW_2$ равны, называется нормой возврата инвестиций (ROR). В данном случае она примерно равна 0.15 или 15%. Эту же величину можно найти в виде нормы процента, если приравнять NPV нулю, т.е.:

$$NPV = -5 + 1 \left[\frac{(1.1)^{10} - 1}{i(1+i)^{10}} \right] = 0 \text{ при } i=0.15.$$

Процесс приведения будущих стоимостей к начальному периоду времени называется дисконтированием.

Поток наличности (Cash flow(CF))

Этот термин относится к “чистым” входящим или исходящим суммам денег, которые циркулируют на предприятии в исследуемом периоде. Это понятие учитывает следующие параметры:

Gross revenue	Суммарные доходы
- Operating expense	-Производственные затраты
= Gross profit (taxable income)	=Налогооблагаемый доход
- Tax	-Налоги
= Net profit	=Чистая прибыль
- Capital costs	-Капитальные вложения
= Cash flow	=Поток наличности

Простой пример приведен в табл.2.2. В данном случае в начале проекта вкладывается 200 \$, а в конце 1-го года еще 100 \$. Расчеты выполнены для первых 6 лет.

Таблица 2.2. Простой пример расчета потока наличности.

Годы	0	1	2	3	4	5	6
Доход			170	200	230	260	290
Себестоимость			-40	-50	-60	-70	-80
Капзатраты	-200	-100					
Налоги			-30	-40	-50	-60	-70
CF	-200	-100	+100	+110	+120	+130	+140

Дисконтированный поток наличности (DCF)

Термин “дисконтировать” соответствует “найти сегодняшнюю стоимость”. В предыдущем примере можно рассчитать сегодняшнюю стоимость для каждого индивидуального потока. Величина NPV для года n с учетом минимально приемлемой нормы возврата капвложений = 15% равна:

$$NPV_n = \frac{CF_n}{(1 + 0.15)^n}, \quad (2.9)$$

где n - порядковый год.

Так для первого года NPV = -86.96,
для пятого года NPV = +64.63, а суммарный дисконтированный CF = 55.75 \$. Эта величина определяет дополнительную сумму капвложений, которую можно вложить в начале проекта при данной норме возврата капвложений = 15%.

Норма возврата дисконтированного потока наличности (DCFROR)

Расчеты CF модифицируются и несколько усложняются, когда принимаются во внимание амортизационные отчисления на вложенный капитал.

Gross revenue	Суммарные доходы
- Operating expense	-Производственные затраты
- Depreciation	-Амортизация
= Gross profit (taxable income)	=Налогооблагаемая прибыль
- Tax	-Налоги
= Profit	=Чистая прибыль
+ Depreciation	+Амортизация

- Capital costs
= Cash flow

-Капитальные вложения
=Поток наличности

Здесь не обсуждаются различные способы расчета амортизационных отчислений. В данном примере принято, что инвестиции имеют срок жизни Y лет с нулевой остаточной стоимостью. Тогда ежегодные амортизационные отчисления равны стоимости фондов, деленных на время жизни фондов, т.е.

$$Dep = Inv/Y \quad (2.10)$$

Пример.

Начальные капвложения в 5-ти летний проект составили 100 \$ с нулевой остаточной стоимостью. Проектируемый доход составит в первый год - 80 \$,....., в 5-й год - 96 \$. Себестоимость соответственно оценена в первый год - 30 \$,....., в 5-й год - 38 \$. Налоги составят 32%. Расчет CF приведен в таблице 2.3.

Таблица 2.3. Расчет CF с учетом амортизации

Годы	0	1	2	3	4	5	ВСЕГО
Доход		80	84	88	92	96	440
-Себест-сть		-30	-32	-34	-36	-38	-170
-Амортизация		-20	-20	-20	-20	-20	-100
=Прибыль 1		30	32	34	36	38	170
-Налоги		-9.6	-10.2	-10.9	-11.5	-12.2	-54.4
=Прибыль 2		20.4	21.8	23.1	24.5	25.8	115.6
+Амортизация		20	20	20	20	20	100
-Капзатраты	-100						-100
CF	-100	40.4	41.8	43.1	44.5	45.8	115.6

Суммарный NPV с учетом нормы дисконтирования 15% равен 43.29 \$.
Величина $DCFRROR_i$, которая делает NPV равным 0, соответствует $i=0.315$.

Истощение запасов (Depletion)

В США владельцу минеральных ресурсов возвращается специальный налог на истощение недр в течение всего срока работы предприятия. Можно оценить стоимость месторождения, чтобы потом амортизировать эти "капвложения" обычным путем. Только в данном случае процесс называется не амортизация, а истощение (depletion). Существует 2 способа для ее расчета:

1. Затратное истощение (ЗИ)
2. Процентное истощение (ПИ)

Ежегодно выполняется расчет по обоим методам, и к использованию принимается тот, который максимально снижает налоги предприятия. Чаще всего используется второй способ.

Расчет платы за истощение (рис. 2.4) базируется на валовом доходе от продажи продукции или (что равнозначно) - на плате металлургического завода за получаемый концентрат.

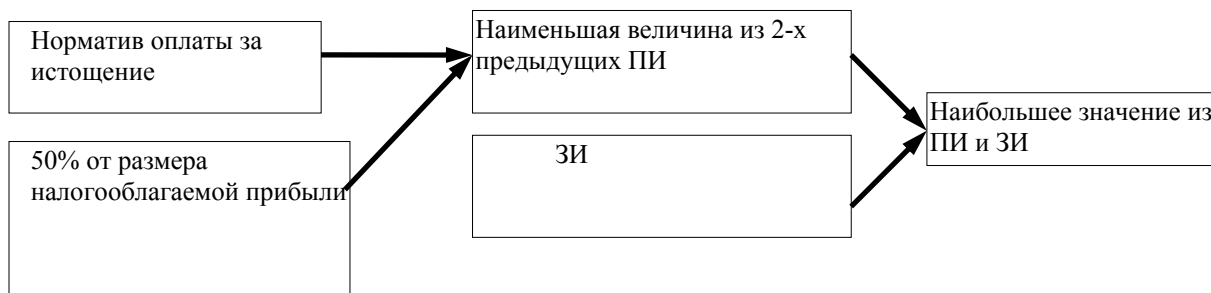


Рисунок 2.4. Схема расчета оплаты за истощение недр

Поток наличности с учетом платы за истощение недр

Схема расчета CF :

Gross revenue	Суммарные доходы
- Operating expense	-Производственные затраты
- Depreciation	-Амортизация
- Depletion	-Плата за истощение недр
= Taxable income	=Налогооблагаемая прибыль
- Tax	-Налоги
= Profit	=Чистая прибыль
+ Depreciation	+Амортизация
+ Depletion	+Плата за истощение недр
- Capital costs	-Капитальные вложения
= Cash flow	=Поток наличности

Размер оплаты за концентрат от металлургического завода (Net Smelter Return)

Для цветных металлов цены, как правило, приводятся не на концентраты, а на чистые металлы. Цена, которую платит металлургический завод за концентрат, называемая **Net Smelter Return (NSR)**, зависит от многих факторов, а не только от цены на металл.

Предположим, что фабрика производит концентрат, содержащий G процентов меди. В одной тонне концентрата содержится CM фунтов металла

$$CM = \frac{G}{100} 2000, \quad (2.11)$$

где 2000 - коэффициент пересчета фунтов в тонны.

Большинство металлургических и рафинировочных заводов платят за содержащийся в концентрате металл по ценам, публикуемым например в коммерческих справочниках.

Цена за тонну концентрата, содержащего $G\%$ меди, равна

$$CV = \frac{G}{100} 2000P, \quad (2.12)$$

где P - цена 1 фунта меди.

Но всем понятно, что заводы не могут заплатить горному предприятию такую цену за весь металл, содержащийся в концентрате. В любом производстве существуют потери. Принимая их во внимание, завод платит только за часть металла, содержащегося в концентрате. Может быть 3 вида расчета таких потерь.

1) Процентное снижение. В этом случае завод платит руднику за $C\%$ металла (заранее оговоренное поставщиком и потребителем), содержащегося в концентрате.

2) Удельное снижение. Содержание металла в концентрате уменьшается на заранее оговоренное фиксированное удельное количество. процентов или троичких унций

3) Комбинация этих 2-х методов.

В последнем случае "Реальное" содержание металла в концентрате (G_e) равно

$$G_e = \frac{C}{100} (G - u), \quad (2.13)$$

где: C - доля в % оплачиваемого металла в концентрате

u - фиксированное снижение содержания металла в концентрате.

Следовательно, оплачиваемое заводом количество металла в концентрате

$$M_e = \frac{C(G - u)}{100} 2000, \quad \text{фунтов}, \quad (2.14)$$

Иногда завод оплачивает только часть рыночной цены металла, используя коэффициент, называемый Ценовым коэффициентом (f). Когда платится 100% рыночной цены, то коэффициент = 1.0 Доход, получаемый за 1 тонну концентрата, таким образом, равен

$$GV = M_e Pf \quad (2.15)$$

При расчете базовой цены за концентрат (BSR) надо учитывать также затраты завода на переработку, очистку и продажу продукции, т.е.

$$BSR = M_e(Pf - r) - T \quad (2.16)$$

где: r - затраты на очистку (рафинирование) и продажу продукции

T - затраты на переработку концентрата

Часто в концентрате имеется набор полезных компонентов. Это обстоятельство может быть учтено или дополнительным доходом от извлечения этих компонентов (Y), или штрафом за неизвлечение их в из концентрата (X). Если при этом обозначить $Pe=(PF-r)$, то формула (2.16) превратится в выражение

$$NSR = M_e P_e - T - X + Y \quad (2.17)$$

Долгосрочные соглашения на переработку концентрата и рафинирование обычно содержат информацию о развитии затрат и цен. Изменение со временем затрат на рафинирование (e_1) может принимать следующие формы:

1. Изменение не предусмотрено
2. Прогнозируемое изменение на основе прогнозных цен и затрат
3. Индексируемое изменение затрат на основе публикуемых индексов изменения цен на воду, топливо и т.п.

4. Изменение, основанное на прогнозе роста цен на металлы

5. Комбинация 2-4 форм.

Изменение затрат на обработку концентрата (e_2) связано обычно с формами 2 или 3. Теперь можно переписать уравнение (2.17) с учетом перспективного изменения затрат.

$$NSR = M_e(Pf - r \pm e_1) - (T \pm e_2) - X + Y \quad (2.18)$$

Контракты на переработку концентратов должны включать в себя все аспекты продажи и покупки с момента отправки с ОФ и до окончательной оплаты за переработку. В табл.2.16. перечислены все элементы такого контракта и вопросы для составителя контракта. Если появляются новые проблемы, не перечисленные в типовом контракте, то обычно составляется дополнительное соглашение, учитывающее их.

Чистая цена концентрата называется "at-mine-revenue" или AMR равна

$$AMR = NSR - R \quad (2.19)$$

Если разделить AMR на стоимость металла в концентрате (CV), то получится процентная оплата - PP

$$PP = 100 \cdot AMR / CV, \quad (2.20)$$

которая обычно для цветных металлов колеблется от 45 до 95%.

Затраты на металлургический передел, таким образом, являются серьезным фактором в оценке потенциальной прибыли от нового горного проекта.

Литература

1. Hustrulid W. Kuchta M. 1995. Open Pit Mine Planning & Design. A.A.Balkema. Rotterdam
2. A GUIDE FOR REPORTING EXPLORATION INFORMATION, MINERAL RESOURCES, AND MINERAL RESERVES (SUBMITTED BY: THE RESOURCES AND RESERVES COMMITTEE TO THE BOARD OF DIRECTORS OF THE SOCIETY FOR MINING, METALLURGY AND EXPLORATION, INC., USA, 01 March 1999)
3. CODE FOR REPORTING OF MINERAL EXPLORATION RESULTS, MINERAL RESOURCES AND MINERAL RESERVES (THE REPORTING CODE), (PREPARED BY THE INSTITUTION OF MINING AND METALLURGY WORKING GROUP ON RESOURCES AND RESERVES IN CONJUNCTION WITH THE EUROPEAN FEDERATION OF GEOLOGISTS AND THE INSTITUTE OF GEOLOGISTS OF IRELAND - OCTOBER 2001)

3. Роль и место планирования горных работ в управлении производством

3.1. Цель и задачи планирования

Одно из представлений схемы процесса горного планирования показано на рис. 3.1. Особенности горного планирования:

- необходимость распределения работ не только во времени, но и в пространстве, когда объекты планирования постоянно находятся в движении
- низкая достоверность информации о распределении качества руды в недрах
- необходимость одновременного учета добычных и вскрышных работ (на карьерах)

Цель планирования горного производства состоит в том, чтобы максимизировать чистую существующую ценность (NPV) и возвращение инвестиций (RI), которые могут быть получены при извлечении, концентрации и продажи товаров, полученных из руды месторождения.

Основные задачи планирования хорошо изложены у Mathieson [11]:

-Необходимо стремиться отработать месторождение таким образом, чтобы затраты на производство 1 кг металла каждый год были минимальными.

-Следует поддерживать развитие горных работ так, чтобы постоянно обеспечивать доступ ко всем забоям и максимальное удобство в работе.

-Жизненно важно иметь необходимые резервы на случай неподтверждения или переоценки тоннажа и содержания металлов в запасах месторождения, что особенно ценно в первые рискованные годы работы рудника.

-Надо стремиться максимально отсрочить во времени удаление вскрыши и обеспечить относительно спокойный режим работы оборудования и персонала.

-Особенно важно разработать логическую и легкую программу начальных действий с включением в нее обучения персонала, монтажа и обкатки оборудования, создания инфраструктуры производства, чтобы минимизировать риск задержки получения прибыли от данного проекта.

-Необходимо максимизировать в соответствии с геомеханическими исследованиями проектный угол откоса борта карьера и в процессе планирования учитывать риск возможной неустойчивости бортов.

-Всегда относиться с уважением к экономическим последствиям альтернативных вариантов производительности карьера и бортового содержания.

-Чтобы убедиться в правильности стратегии развития горных работ, выбора оборудования и т.п. необходимо каждый раз проверять условие "что если" перед тем, как начать следующий этап планирования.

Специалист, выполняющий планирование, должен мысленно поставить себя на место Управляющего рудником и постараться придерживаться следующих принципов [4-Couzens (1979)]:

1. Необходимо ясно видеть цели составляемого плана и быть готовым к внесению в него изменений.

2. Надо быть предельно коммуникабельным. Если план непонятен тем, кто принимает решения и выполняет их, то он будет или не выполнен, или проигнорирован.

3. Следует всегда помнить и четко представлять себе, что происходит с объемами горной массы в процессе планирования последовательности отработки. Геометрия должна играть для планировщика роль арифметики.

4. Специалист по планированию должен всегда помнить, что он делает со временем. Объемы горной массы должны перемещаться в запланированное время. Правильное использование времени будет определять эффективность проекта и производственных затрат.

5. Необходимо сделать план предельно реальным, чтобы он стал целью компании, а не только идеями его разработчика

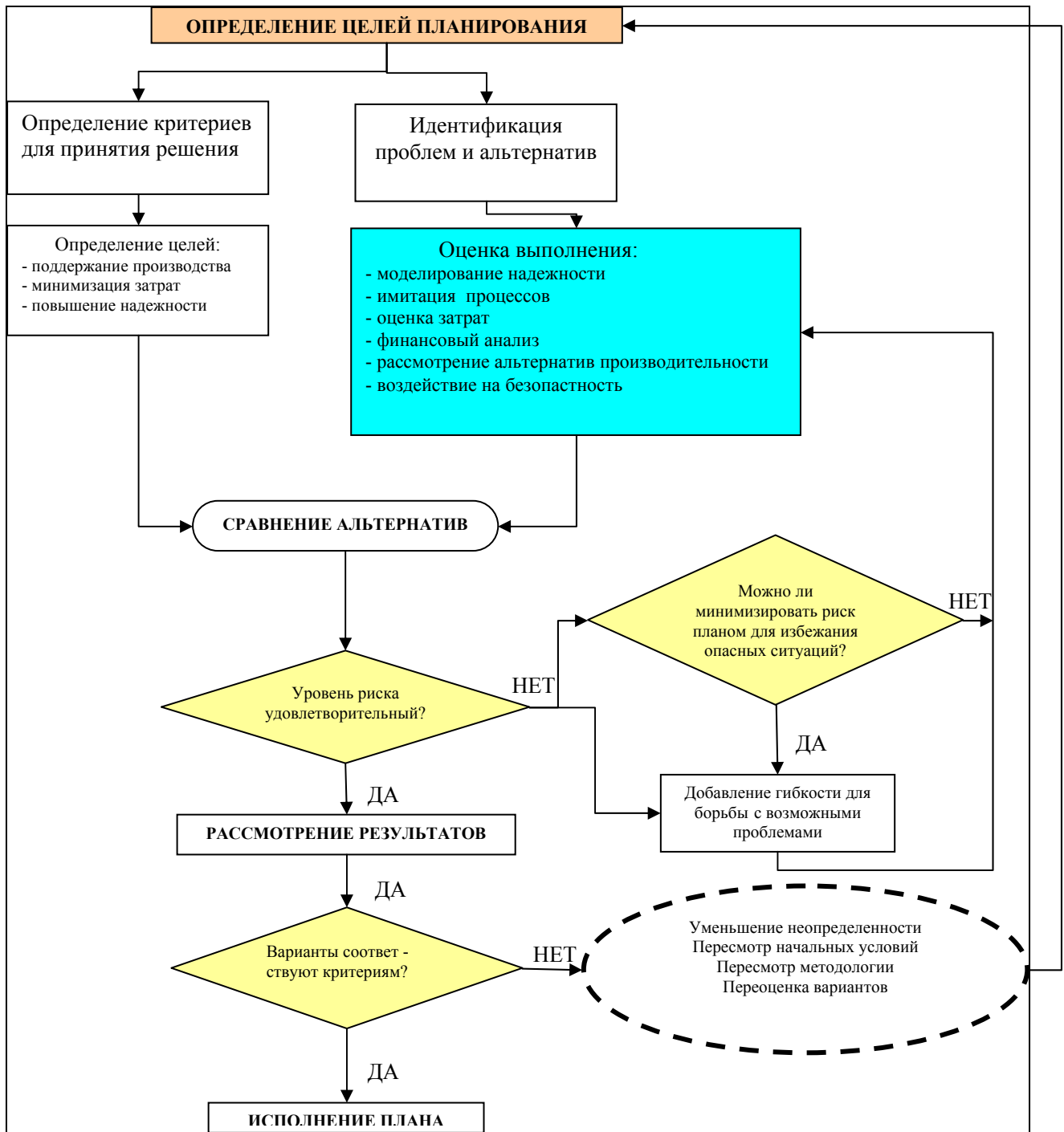


Рис. 3.1. Схема процесса горного планирования

3.2. Стадии планирования горных работ

Планирование горных работ (рис. 3.2) – непрерывный процесс, который начинается задолго до начала производства и заканчивается одновременно с его окончанием. Обычно он состоит из моделирования и оценки извлекаемых запасов месторождения, подбора подходящих технологий и оборудования, самого календарного планирования, финансово-экономической оценки плана и связанных с ним рисков.

Можно выделить 3 основные стадии процесса горного планирования, которые на каждом горном предприятии имеют свои особенности и специфику:

1. Перспективное планирование на стадии принятия решения об инвестициях (ТЭР, ТЭО)
2. Календарное планирование на стадии проектирования
3. Планирование производства в процессе горных работ, которое также имеет несколько многократно повторяющихся этапов:
 - уточнение перспективного календарного плана (обычно 1 раз в 5 лет и при изменении внутренних и внешних условий планирования)
 - годовое планирование
 - квартальное и месячное планирование
 - оперативное (недельно-суточное) планирование и управление

В мире расширяющейся конкуренции и неуверенности, операционная гибкость и стратегическая адаптируемость все более и более признаются критическими чертами для долгосрочного корпоративного успеха. Общепризнано, что самые большие возможности для экономии ресурсов доступны только в течение ранней стадии планирования, в процессе и несколько за пределами технико-экономического обоснования (Feasibility Study - FS). Здесь, команда планирования имеет большую свободу исследовать альтернативы и оценить риск, используя различные технические и экономические критерии. Как только начнутся горные работы, альтернативы, доступные горному управлению, уменьшаются по экспоненте. Хотя оптимизация, связанная непосредственно с производством и затратами, формирует цепь последовательных целей горных операторов, но большинство ключевых проектных и плановых решений делается именно на начальной стадии планирования.

Первая стадия планирования (см. главу 2) - это период между началом технико-экономического обоснования и стартом горного производства. Последующее планирование имеет тенденцию лишь следовать за составленными ранее планами производства. Модификации делаются только при необходимости при изменениях финансовых, технических или социальных факторов. Гибкость любого плана – это способность справиться с такими изменениями.



Рисунок 3.2. Схема кругового (циклического) анализа, осуществляемого в процессе планирования горных работ.

Эффективность выбранной планом стратегии производства будут зависеть от следующих первичных факторов:

1. Местоположения и распределения руды относительно топографии и высотных отметок;

2. Минеральных типов, физических характеристик руды, и распределения «содержание – тоннаж»;
3. Прямых эксплуатационных расходов, связанных с горными работами, переработкой руды и преобразованием продукции в товар;
4. Начального и возобновляемого капитала для начала и поддержания производства;
5. Косвенных затрат типа налогов и лицензионных платежей;
6. Параметров извлечения полезных компонентов в товар;
7. Рыночных условий и ограничений капитала;
8. Политических и экологических условий.

Процедура, используемая для создания оптимального горного календарного графика, может быть разделена на три стадии. Сначала определяется порядок извлечения запасов, или последовательность добычи, затем обосновывается стратегия изменения во времени бортового содержания полезных компонентов, содержащихся в руде, которая будет оптимальна для данного набора параметров производства и, наконец, выбирается такая комбинация производительности рудника, ОФ и металлургического завода, которая будет оптимальна с точки зрения логистических, финансовых, маркетинговых и других ограничений.

Чтобы создать оптимальный график производства, сначала должна быть определена последовательность или порядок извлечения запасов месторождения. Она зависит от двух поднаборов параметров. Первый имеет дело с коэффициентом вскрыши (КВ) (для карьеров), связанным с извлекаемой рудой, содержанием полезных компонентов в этой руде, и физическим местоположением этой руды в смысле ее доступности в течение планового периода.

Второй поднабор параметров состоит из затрат, связанных с началом и поддержанием производства. Прямые эксплуатационные расходы могут использоваться, для определения предельных бортового содержания и КВ, но цель горного планирования - создать стратегию, которая оптимизирует полные инвестиции. Действия с предельными бортом и КВ оптимальны только для заключительной стадии в конце жизни рудника.

Перед началом горного планирования производства все работы по исследованию и моделированию месторождения обычно уже закончены. В процессе этой работы делается определенное количество предварительных предположений, включая варианты технологии горных работ, высоты уступа, типа, и размера горно-транспортного оборудования и селективности добычи. Также должны быть закончены исследования по выбору технологии переработки руды. Все эти параметры будут использоваться, чтобы оценить наиболее вероятный диапазон затрат на горные работы и переработку руды.

Проект добычи может быть получен грубым ручным расчетом после рассмотрения поуступных планов и сечений или аналитическими компьютерными методами. Каждый метод имеет преимущества и недостатки в зависимости от квалификации персонала, но выбор метода определяется требованиями точности и доступным финансированием. Если цель изучения – очень предварительная оценка с небольшими доступными данными, то могут быть оправданы ручные методы. Если изучение должно быть полноценным основанием для инвестиций и развития рудника с наличием большого количества собранной информации, то необходим полный компьютерный анализ.

Компьютерный анализ проводится с помощью специальных программ на блочной модели месторождения, в процессе которого производится экономическая оптимизация фаз отработки запасов. Цель состоит в том, чтобы создать трехмерные поверхности потенциала равной прибыли по всему месторождению. Каждая поверхность должна быть достаточно обособлена от смежных, чтобы гарантировать необходимое пространство для горного оборудования.

Стратегия, используемая в компьютеризированных методах расчета фаз развития карьера состоит в том, чтобы использовать более высокие затраты или низкие цены продукции в начальной стадии и затем, для каждой последовательной стадии, понижать затраты или увеличивать цены продукции. Результатом этой стратегии будет то, что начальная стадия будет иметь высокий борт и высокую ценность извлекаемой руды, а каждая последующая стадия будет иметь более низкий борт и ценность тонны руды.

Точность оцененных затрат, извлечения, и ценовых параметров продукции должна быть только разумно достаточной, так как они используются только, чтобы определить местоположение руд с относительно высокой или низкой ценностью.

Второй шаг - определение оптимальной стратегии бортового содержания, которая используется при переходе от одной стадии к следующей, для определенной производительности рудника. Только борта равные или меньшие чем борта для специфических стадий могут использоваться в качестве оптимального борта. Если сделана попытка использовать более высокий борт, то физическая форма карьера для данного этапа больше не будет действительна, т.к. ранее оцененные блоки руды с низким содержанием теперь будут считаться породой с отрицательными экономическими оценками.

В ситуации, куда порода с низким содержанием должна быть удалена из карьера, чтобы вскрыть руду, может использоваться более низкий борт, чтобы определить, может ли этот низкосортный материал быть переработан. Это более низкий борт называют внутренним бортом, который определяется без учета затраты на горные работы.

Оптимальный борт будет обычно иметь более высокий уровень, чем предельный (внутренний) борт и будет уменьшаться во времени, чтобы в конце жизни рудника стать ему равным. Чем выше уровень производства, тем меньше будут различия между оптимальным и предельным бортами.

Должно быть отмечено, что перед оптимизацией перспективного календарного плана должен быть закончен рабочий проект рудника, в котором обосновываются главные параметры и технология горных работ с ограничениями или без них. Проект может быть затем изменен с соответствующей корректировкой производственных затрат. Ограничения могут быть связаны с числом рабочих забоев, необходимых для обеспечения производительности производства, местоположением породных отвалов, особенностей дренажа, границами собственности, пунктами поставки руды, рыночными, финансовыми и экологическими условиями, пригодностью персонала, оборудования и т.д.

В процессе горных работ планирование имеет многократно повторяющийся характер и состоит из процедур:

- сопоставления реальной обстановки с календарным планом, созданным на стадии рабочего проектирования или в процессе предыдущей корректировки
- корректировки календарного плана, если она необходима
- создания годового плана в рамках перспективного
- создания квартального (месячного) плана в рамках годового
- создания недельно-суточного плана в рамках месячного

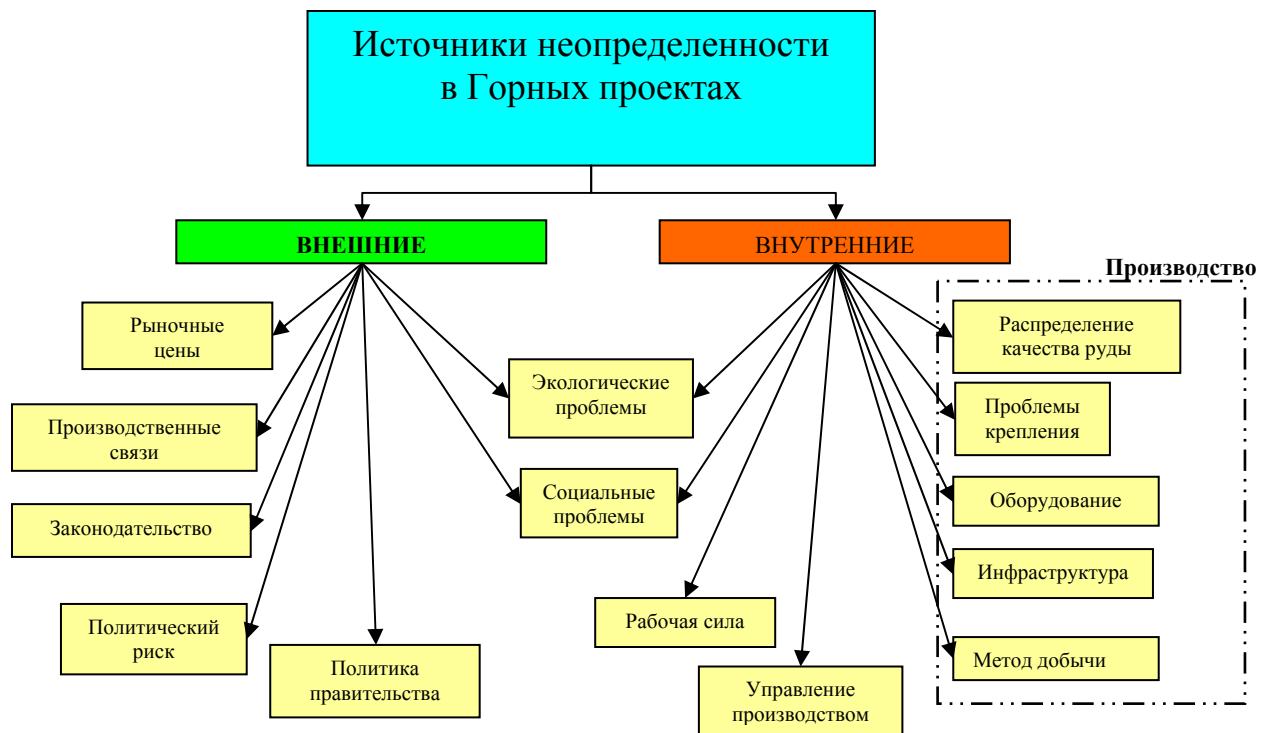
3.3. Риск и источники неопределенности в горных планах

Обычные источники риска в горных проектах показаны на рис. 3.3. Факторы риска, оцененные в технико-экономическом обосновании финансовым учреждением включают эксплуатационный риск, технический риск, риск выполнения проекта и чрезмерного возрастания затрат, рыночный и ценовой риск, риск страны, юридический риск и экологический риск. Следует учитывать также экологические и связанные с безопасностью аспекты риска горных проектов.

Внутренние источники неопределенности - те, которых диктует непосредственно месторождение. Внешние источники определяются внешними соображениями, типа деловых или рыночных требований. Внутренние источники в горном проекте связаны, например, с распределением содержаний, устойчивостью поверхности, рабочей силой, управляющим персоналом компании, оборудованием и инфраструктурой. Внешние источники включают рыночные цены, экологические условия, политический риск, отношения в обществе, отношения между предпринимателями и рабочими, законодательство и правительственную политику. В зависимости от типа проводимого анализа и его специфики характеристики горного проекта в некоторых условиях могут быть восприняты как внутренние, а не внешние, или наоборот.

Эффективность календарного графика производства и оценок себестоимости в горном плане будет зависеть от его способности учитывать изменчивость в геологических характеристиках рудных тел и опыт команды управления. Одна из целей штата горного планирования состоит в том, чтобы минимизировать риск, который связан с запланированным календарным графиком производства и затратами. Получение дополнительной информации о специфическом параметре (типа дальнейшего бурения, чтобы улучшить достоверность оценки качества руды), вероятно, может уменьшить этот риск, или потребуются введение в план дополнительных мер для увеличения его гибкости и смягчения этого риска.

Рис. 3.3. Источники риска в горных проектах



Каждый план проходит проверку на воздействие и учет факторов риска. Это одна из основных составляющих горного планирования, которая подробно будет рассмотрена в главе _____. В итоге для исполнения выбирается проект с минимальным риском или с более высоким риском, но приносящий максимальный доход акционерам. В бизнесе не может быть строгой регламентации допустимых уровней риска, потому что эта категория сугубо субъективная.

3.4. Стратегия изменения борта и планирование направления использования добытой руды

Одной из главных составляющих горного планирования является разработка разумной стратегии управления бортовым содержанием полезных компонентов в добываемой руде.

Как показано Тэйлором [11], "бортовое содержание – cutof grade (борт – для краткости) - это определенное содержание полезного компонента в руде, которое используется для разделения каких-то двух стратегий использования данного сорта руды". Причина использования борта чаще всего связана с экономическими характеристиками проекта.

В горном производстве, оператор должен многократно принимать решение относительно того, должен ли следующий блок (порция) материала быть:

- добыт и переработан;
- добыт и складирован;
- добыт и направлен в отвал, как порода, или
- не добыт вообще.

Для того, чтобы в этой ситуации принимать правильные решения, используется концепция бортового содержания.

В СНГ термин «бортовое содержание» обычно используется только для проб, по которым производится разделение руды и породы в процессе оконтуривания месторождения. Для разделения рудопотоков предприятия (например, на ОФ и в породный отвал) здесь чаще применяется термин «минимальное промышленное содержание».

В дальнейшем будем придерживаться западной терминологии и будем считать, что борт - это граничное содержание в рудопотоке, которое используется для того, чтобы определить место назначения порций добываемого материала. Поэтому на каждом достаточно крупном горном

предприятию имеется много разных бортов, каждый из которых связан с определенным рудопотоком или методом оценки запасов руды в недрах.

Для любого блока, который будет добыт, необходима компенсация затрат за его добычу, переработку и маркетинг. Содержание в руде, которое может возместить все эти затраты (без учета вскрыши), - является безубыточным горным бортом - breakeven cutoff grade.

Второй тип борта (внутренний борт - internal cutoff grade) может использоваться для блоков, содержание в которых ниже безубыточного горного борта, и которые не были бы добыты с учетом их собственной ценности. Эти блоки все равно будут добыты как порода для получения доступа к более глубоким рудным горизонтам. Стоимость добычи этих блоков оплачивается ценностью более глубокой руды. Такие блоки могут быть переработаны, если продажа содержащегося в них металла может компенсировать только затраты на переработку и маркетинг. Поскольку оценка такого блока не должна учитывать горные затраты, то борт для них может быть ниже, чем основной борт.

Вычисление борта зависит от времени принятия решения в течение жизни рудника. Для того, чтобы отработать еще один блок в конце жизни рудника, используются только непосредственные эксплуатационные расходы и минимальная прибыль, чтобы сравнить их с альтернативными вариантами использования денег в другом месте. Для принятия такого решения в начале работы рудника, затраты должны быть равны эксплуатационным расходам, плюс необходимый капитал, плюс все общие и административные затраты, которые будут понесены.

Для рудника на стадии перспективного планирования должны быть тщательно рассмотрены все виды предполагаемых затрат. Должны учитываться все прямые горные затраты, себестоимость переработки и маркетинга. Прямые затраты включают расходы на БВР, погрузку, и перевозку горной массы. Затраты на переработку охватывают дробление, измельчение, транспорт, обогащение и т.д., а затраты маркетинга могут включать переработку концентрата, металлургию, аффинаж, и транспорт. Дополнительные прямые затраты за лицензионные платежи и налоги должны быть также включены.

Нужно также учитывать накладные расходы, а также общие и административные затраты для рудника, завода и офиса компании. До того, пока размер рудника не определен, то связанные с ним накладные расходы могут быть приняты по аналогии или точно оценены на следующих этапах планирования.

Амортизация используется в вычислениях по определению предельных размеров карьера. Размер карьера увеличится, если некоторые затраты будут исключены. Так, если обогатительная фабрика полностью амортизирует себя во время жизни рудника, то борт может быть уменьшен, а границы горных работ расширяться.

В расчетах бортового содержания может также использоваться минимальная прибыль, что может существенно уменьшить размер извлекаемых запасов. Цель добавления минимальной прибыли является двойной:

- блок будет считаться рудой, только, если он может быть добыт и переработан хотя бы с небольшой прибылью; и
- установление экономического предела, ниже которого компания может найти альтернативные инвестиции более привлекательными.

Установить размер используемой минимальной прибыли - трудное решение. Правильные вычисления прибыли должны учитывать суммы амортизации, платы за истощения недр и налоги. На стадии перспективного плана они, как правило, неизвестны. Поэтому здесь возможны лишь приближенные вычисления.

Если известны другие затраты и изменения дохода, то они также могут быть включены в расчеты борта. Здесь имеются в виду параметры извлечения, которые изменяются с изменением сорта (типа) руды, затраты на добычу, которые изменяются с расстоянием или перепадом высот перевозки, и временным лагом между удалением вскрыши над блоком руды и непосредственной выемкой руды. Эти значения нужно просто добавить, если они хорошо известны, и их степень достоверности гарантирована.

Кроме обоснования борта для руды в массиве почти всегда рассчитываются аналогичные параметры для каждого отдельного рудопотока. Направление перевозки добытой из недр руды со временем может изменяться. При перспективном планировании руда может или быть оставлена в недрах, или вывезена на поверхность. Если выбрана поверхность, то должно быть указано - куда на поверхности будет направлен материал. В прошлом обычно имелось только 2 возможности:

- обогатительная фабрика (ОФ) и

- отвал.

Для выбора места назначения использовалась величина содержания основного компонента в руде. Граница между ОФ и отвалом называлась "бортом ОФ". Позже при добыче стали выделяться забалансовые руды, которые могли пригодиться в будущем. Поэтому разделение горной массы на руду и породу уже шло по минимальному содержанию в забалансовых рудах.

Следовательно, для горной массы использовалось уже 3 назначения:

Назначение	Разделитель
- на ОФ	Борт ОФ
- на склад забалансовой руды	Породный борт
- в отвал	

Сегодня существует намного больше потенциальных назначений для добываемой горной массы, т.к. наши возможности в управлении потоками материала и выборе технологии его переработки существенно увеличились. В частности, для извлечения металлов из бедных руд широко используется кучное выщелачивание.

Немного меньше пока распространены промежуточные аккумулирующие и усреднительные рудные склады.

В этом разделе будут описаны некоторые примеры использования добытой горной массы в разных направлениях. Однако, читатель должен помнить, что на практике применяется намного более широкий спектр реальных направлений использования извлекаемого из недр материала.

Для медных и некоторых других руд установки кучного выщелачивания являются основным местом назначения добываемых руд в дополнение к ОФ и породному отвалу.

Здесь при добыче обычно определяются два борта:

1. Породный отвал - борт выщелачивания.
2. Отвал выщелачивания - борт ОФ.

С помощью технологических испытаний устанавливают предельное содержание, при котором процесс выщелачивания еще может приносить прибыль. Например, для горной массы могут быть установлены следующие бортовые содержания:

НАПРАВЛЕНИЕ	СОДЕРЖАНИЕ МЕДИ
-в породный отвал:	< 02%
-в отвал выщелачивания:	>= 02%

Конечно, в этом случае должно рассчитываться и бортовое содержание для руды, отправляемой на ОФ. Чтобы определить его, надо для каждого класса содержаний рассчитать извлечение меди (как функцию времени) и возможную прибыль для обеих возможных процессов переработки руды: выщелачивания и обогащения на ОФ. Таким образом, получают предельное содержание, при котором на ОФ еще можно получить прибыль от извлекаемых компонентов. Пример таких вычислений показан на рис. 3.4. Правда, каждый раз надо иметь в виду, что полученные графики справедливы только для данного уровня рыночных цен на медь и эксплуатационных затрат. При их существенном изменении графики должны пересчитываться.

Для иллюстрации предположим среднее содержание в выщелачиваемой руде 0.55% Cu. Затраты на добычу и транспорт руды примем равными аналогичным затратам для руды, поставляемой на ОФ. Так как этот материал должен быть извлечен из недр в любом случае, то эти затраты будут "дармовыми" затратами. В результате расчетов оказывается, что при использовании выщелачивания мы получим прибыль \$2.07 на тонну руды.

Аналогичные расчеты были выполнены для переработки этого же материала на ОФ. Получено значение прибыли - \$2.75 на тонну руды. Очевидно, что такая руда должна отправляться на ОФ.

В данном примере, после подробных расчетов для разных классов руды было найдено граничное содержание для этих процессов - борт ОФ равен 0.45% Cu.

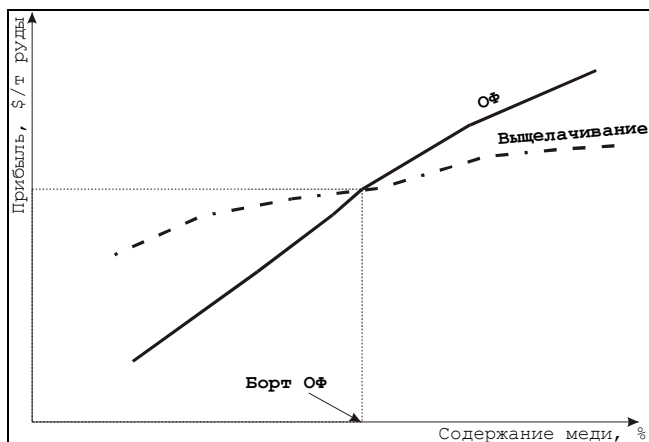


Рисунок 3.4. Схема к расчету борта Обоганительной фабрики.

Из таких достаточно простых расчетов вытекают 2 важнейших вывода:

3. Основной объем капитальных затрат связан с ОФ, и поэтому включение этих затрат в расчеты будет увеличивать борт ОФ.
4. Однако, за счет дополнительного извлечения на ОФ ценных попутных компонентов из руд значение этого аргумента может быть уменьшено. Поэтому при детальной оценке должны учитываться оба этих фактора.

Может случиться также, что возможности ОФ могут быть увеличены с возрастанием среднего содержания ценных компонентов в руде. В таком случае можно использовать еще одно назначение для руды - активные рудные склады. Здесь также управление рудопотоками идет с помощью бортовых содержаний.

В течение жизни горного предприятия используется несколько значений бортовых содержаний. На первом этапе отработка ведется с высокими бортами для того, чтобы как можно быстрее окупить капиталовложения. При ограниченной производительности ОФ этой цели можно достичь быстрее за счет переработки только богатой руды.

Следовательно, начальный борт ОФ, как правило, устанавливается высоким. При достижении горным предприятием зрелости этот борт может быть снижен. Предположим, что борт для карьера, рассчитанный с учетом всех производственных и общих затрат, равен 0.3%Cu. Если для доступа к глубокозалегающим богатым рудам требуется попутно извлекать бедные, то борт для добываемых руд может быть установлен даже ниже 0.3% (внутренний борт). Но так как производительность ОФ ограничена, а капиталовложения надо окупить возможно скорей, то борт ОФ установлен равным 0.7%. Поэтому большое количество материала с содержанием 0.3% - 0.7%, которое в будущем пойдет в переработку на ОФ, сейчас должно временно складироваться, как забалансовая руда.

Можно конечно направить такой материал на выщелачивание для быстрого возмещения горных затрат. В этом случае не требуется перелопачивание складов с дополнительными затратами, а также хлопот по организации места хранения.

Есть несколько неудобств, связанных с организацией рудных складов:

- 1. Необходимо несколько раз перелопачивать руду, что приводит к значительным дополнительным затратам.**
- 2. Для размещения штабелей руды разного качества требуется много места, которое не всегда имеется на предприятии.**
- 3. Дополнительные затраты также вызываются транспортированием складированного материала, его опробованием, контролем и т.д.**

По этим и некоторым другим причинам склады непопулярны на большинстве рудников.

Отвал выщелачивания является разновидностью рудного склада. Однако, в нем обычно не делается перелопачивания руды. Сегодня число чисто породных отвалов сокращается за счет улучшения технологии извлечения, и есть все основания верить, что процесс выщелачивания будет использоваться даже на породных отвалах, создаваемых сегодня.

Преимущества рудных складов:

1. Они могут использоваться для усреднения свойств руды, которое положительно влияет на извлечение компонентов при обогащении.

2. Они играют роль буферных емкостей для сохранения постоянства производительности ОФ. Наличие буферов делает проект более гибким. Для примера, буфер может позволить сократить количество дорог в карьере, и за счет этого увеличить углы откосов борта карьера.

3. Извлечение металла на ОФ обычно намного выше, чем при выщелачивании. В этом случае общие затраты делятся на большее количество конечной продукции, делая ее дешевле.

Ожидается, что в будущем склады будут играть более важную роль в жизни рудников. При сложных транспортных схемах современных рудников дополнение нового конечного пункта не вносит серьезных проблем для погрузочно-транспортных работ. В этих случаях необходимо совершенствовать методы управления эффективной работой многих складов с оптимизацией их суммарного рудопотока.

Обычно на рудные склады отправляется руда, содержание в которой ниже используемого в данный период борта ОФ и выше предельного борта для всего проекта. В одном штабеле обычно складируется руда одного класса содержаний для облегчения последующей шихтовки рудопотока ОФ.

Например, для управления складами могут быть использованы следующие варианты:

1. Решение, посылать или нет руду со склада на ОФ, принимается с учетом прибыли, получаемой от переработки складируемого материала и прибыли от переработки руды, поставляемой непосредственно из карьера. Если прибыль от переработки руды со склада будет выше, то на ОФ будет поставляться руда из обоих источников. Сравнение выполняется для одних и тех же интервалов содержаний в рудах. Если для примера в карьере добывается руда с содержанием 0.4% - 0.7%, а на складе находится руда с содержанием 0.4% - 0.55%, то расчеты будут делаться только для материала с содержанием 0.4% - 0.55%. Если прибыль для складируемых руд больше, то руда с таким интервалом качества будет отправляться на ОФ только со склада. Руда с качеством 0.55% - 0.7% будет поставляться из карьера. Материал из карьера с содержанием 0.4% - 0.55% будет направляться на складирование. Такая система управления складами является динамической в смысле того, что в некоторые годы склады одновременно получают руду из карьера и посылают ее на ОФ.

2. Когда прибыль от переработки руды со склада больше чем из карьера, то ОФ принимает руду только из склада. Таким образом, руда в этом варианте поступает на ОФ только из склада или только из карьера.

3. В этом варианте руда не отправляется со склада на ОФ в течение всего срока отработки карьера. Забалансовая руда складируется все время работы карьера. После его закрытия начинает работать склад, как новый забой карьера.

Все возможные варианты стратегий оцениваются по NPV, и за основу в данный период принимается технология, дающая максимум эффективности. При изменении ключевых исходных технико-экономических параметров (цены, затраты, производительность ОФ и т.п.) эти расчеты повторяются.

Варианты работы со складами должны всегда рассматриваться при планировании работы карьера. Потенциальный вклад складов в NPV компании зависит от целого ряда причин и в особенности - от разброса содержаний компонентов в руде и стратегии управления разными типами бортов. Если этот разброс большой, то в проекте должны быть предусмотрены рудные склады.

3.5. Принципы определения последовательности извлечения запасов месторождения

Это очень важная часть процесса горного планирования, т.к. позволяет реально управлять величиной NPV проекта за счет перераспределения доходов компании во времени. Технология этой работы будет продемонстрирована на простом примере из области открытых горных работ [11].

Предположим карьер, вертикальный разрез которого показан первым на рис 3.4, и состоящий из 10 рудных и 10 породных блоков. Производительность - 5 блоков в год независимо от

содержания. Прибыль от добычи рудного блока - \$2, а затраты на извлечение блока породы - \$1. Общая стоимость извлечения породы - \$10, а общая прибыль от добычи руды - \$20.

Если руда и порода могут быть отработаны мгновенно, то NPV будет равно \$10.

Однако, на практике это невозможно. Более того, может быть предусмотрено несколько стратегий отработки запасов.

Сценарий 1. Удаление вскрыши до добычи руды.

Эта стратегия показана на рис. 3.4. NPV = \$5.66

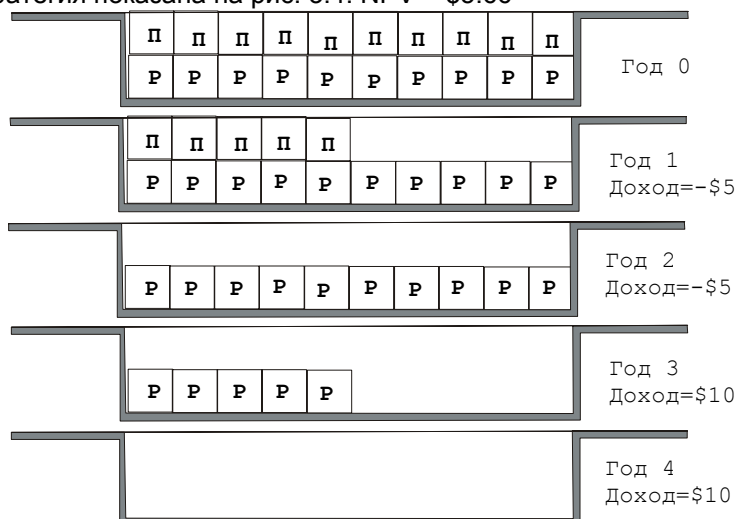


Рисунок 3.5. Стратегия №1 отработки карьера

Сценарий 2. В первый год удаляется только вскрыша (5 блоков), а затем ежегодно извлекается 3 блока руды и 2 блока породы. В последний год - 4 блока руды и 1 блок породы. (Рис.3.6). NPV = \$6.56.

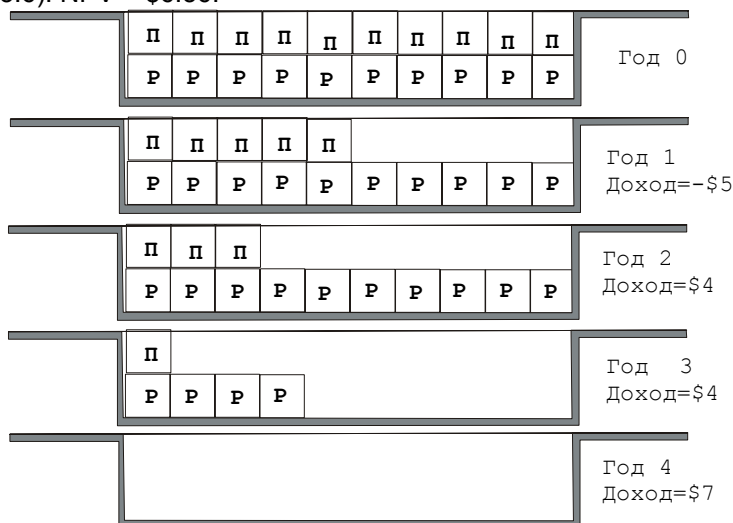


Рисунок 3.6. Стратегия №2 отработки карьера

Сценарий 3. В первый год извлекается 3 блока породы и 2 - руды, а затем - одинаковое количество руды и породы (рис.3.7). При сравнении вариантов 1 и 2 было отмечено увеличение NPV при сокращении временного лага между вскрытием и добычей руды. В 3-м варианте вскрыша опережает руду только на 1 блок, т.е. лаг сделан кратчайшим. NPV= \$7.59.

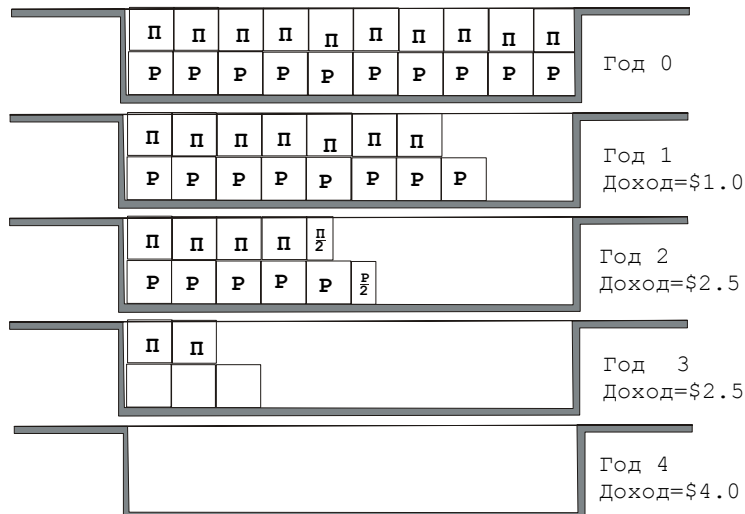


Рисунок 3.7. Стратегия №3 отработки карьера

Сценарий 4. Вскрыша опережает добычу только на 0.5 блока (Рис.3.8). Эта ситуация предположена для возможно большего сокращения разрыва между вскрышей и добычей. NPV= \$7.76.

Последний случай оказывается лучшим среди всех 4-х. Однако, в этом варианте производственные затраты увеличиваются на \$0.05/ блок из-за отсутствия достаточного рабочего пространства и других ограничений, связанных с уменьшением ширины рабочих площадок. Следовательно, затраты на извлечение породы возрастают до \$1.05, а прибыль для руды уменьшается до \$1.95. Таким образом, действительная величина NPV= \$6.96. Следовательно, лучшим пока остается вариант 3.

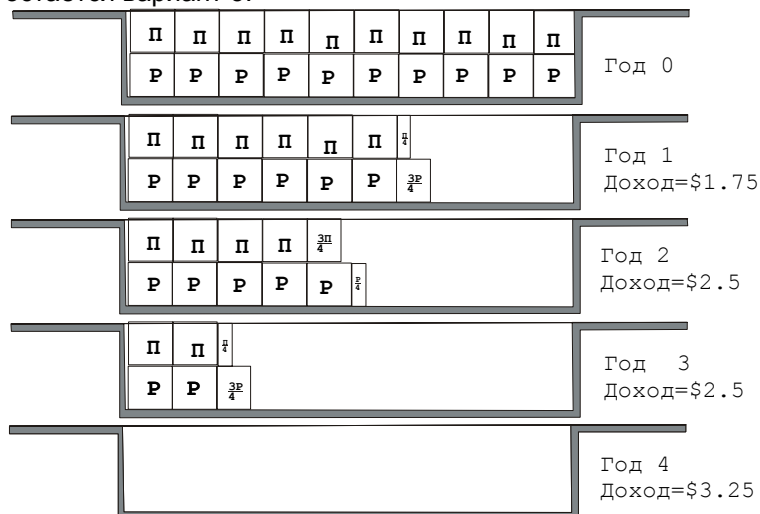


Рисунок 3.8. Стратегия №4 отработки карьера

Сценарий 5. Удвоение производительности отработки запасов.

Предполагается, что закупается больше оборудования, и производительность предприятия увеличивается до 10 блоков в год. Дополнительные капвложения в оборудование отражаются в затратах. Таким образом, затраты на добычу породы = \$1.10/блок, а прибыль по руде = \$1.90/блок.

Порядок выемки соответствует варианту 3 (Рис. 3.7). NPV = \$6.82.

Как мы видим, третий вариант остается наилучшим. Если же дополнительные затраты в варианте 5 отсутствуют, то NPV = \$8.55, и тогда этот вариант становится наиболее эффективным.

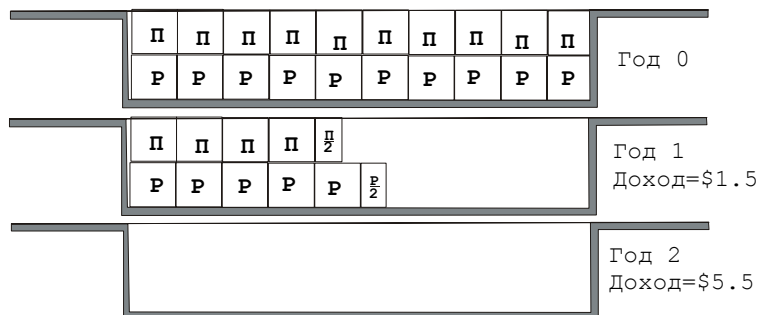


Рисунок 3.9. Стратегия 5 отработки карьера

Приведенный простейший пример демонстрирует некоторые важные аспекты календарного планирования. Размер NPV зависит от:

1. Интервала времени между выемкой породы и руды. Лучший результат получается при минимальном интервале. Но дополнительные затраты, вызванные отставанием вскрыши, могут привести к уменьшению NPV.

2. Увеличения производительности рудника. Но дополнительные затраты, вызванные покупкой дополнительного оборудования и т.д., могут вызвать уменьшение NPV.

Значительно более сложные варианты календарных планов создаются в процессе компьютерной обработки информации, рассматриваемой в главе 7. В процессе оптимизации последовательности извлечения горной массы из карьера (или руды из подземного рудника) определяется такая последовательность, которая позволяет максимально увеличить доход компании в первый период работы за счет первоочередной добычи более богатой руды и отнесения необходимых затрат (например – на вскрышные работы) на возможно более поздние периоды жизни рудника.

В ходе календарного планирования инженер постоянно следит за ежегодными (квартальными, месячными...) изменениями коэффициента вскрыши, делая их более плавными. Если это осуществляется вручную, то обычно используются кумулятивные графики. Однако, таким методом можно рассмотреть только единичные варианты для не очень сложных случаев с небольшими ограничениями.

Каждый раз следует предусматривать резерв производительности по вскрыше на случай:

- неожиданного краха намеченной программы добычи руды по качеству и объему,
- временного снижения борта для поддержания требуемого объема производства концентрата.

Значительно более сложные ситуации и многовариантные расчеты в сжатые сроки доступны только с помощью мощной компьютерной техники и современных горных программ для горного планирования.

3.6. Сущестующая система планирования на рудниках СНГ

3.6.1. Введение

В странах СНГ, во время вхождения их в состав СССР, сложилась довольно своеобразная практика планирования горных работ [1-10]. Хотя внешне она не сильно отличается от общепринятой в мире, но отдельные базовые черты ее имеют серьезную специфику, связанную с еще живыми кое-где постулатами социализма. Эти особенности, перенесенные почти без изменений в сегодняшнюю действительность, иногда серьезно мешают горным предприятиям повышать эффективность своей деятельности.

Основной критерий «оптимизации» горных планов на всех этапах:

ВЫПОЛНИТЬ ДИРЕКТИВНЫЕ УКАЗАНИЯ ПО КОЛИЧЕСТВУ И КАЧЕСТВУ ДОБЫВАЕМОЙ РУДЫ С МИНИМАЛЬНЫМИ ЗАТРАТАМИ.

Про цену, по которой будет продаваться руда или концентрат речи не шло, т.к. цены также были директивными и постоянными. В таких условиях бортовое содержание полезных компонентов в руде оставалось также постоянным, а чтобы изменить его и пересчитать запасы требовалось

предъявить какие-то из ряда вон выходящие доводы, привлечь головной проектный институт, добиться многочисленных согласований и т.д. и т.п.

Теперь это делается несколько проще, но государство все еще несет на себе тяжелый крест – контролировать бортовые содержания на всех горных предприятиях огромной страны. Этим якобы исключается «хищническая» выборочная добыча богатых руд. Так в Правилах охраны недр Госгортехнадзора (2003 г) сказано, что «пользователь недр обязан обеспечить соблюдение требований технических проектов, планов и схем развития горных работ, недопущение сверхнормативных потерь, разубоживания и выборочной отработки полезных ископаемых».

В другом разделе также говорится: «В проектной документации на разработку месторождений полезных ископаемых в целях предотвращения выборочной отработки месторождения, приводящей к необоснованным потерям запасов полезных ископаемых, преждевременному истощению и обесцениванию запасов месторождения, в случае наличия участков, пластов и залежей промышленных типов и сортов полезных ископаемых, резко различных по качеству, горнотехническим условиям залегания и другим параметрам, обосновывается последовательность (очередность) отработки таких участков, пластов и залежей и долевое участие добычи из отдельных участков, пластов и залежей в общем объеме добычи по годам, увязанное с календарным графиком отработки месторождения и планами развития горных работ».

Правила запрещают также производство горных работ без согласованного с органами Госгортехнадзора РФ годового плана, а также с отступлениями от него. При выявлении в процессе ведения горных работ изменений геологических, гидрогеологических и горнотехнических условий разработки месторождения или отработки отдельных выемочных единиц, необходимые изменения вносятся в годовой план по согласованию с органами Госгортехнадзора.

Таким образом, регламентируются достаточно мелкие производственные детали, что не дает предприятиям необходимой гибкости с одной стороны, а с другой – позволяет контрольным органам без серьезных на то причин существенно мешать нормальной работе горного производства.

Если Госгортехнадзор жестко контролирует параметры горных работ и их последовательность, исключаящую какую-то свободу горного предприятия в выборе собственной гибкой стратегии выемки запасов собственного месторождения, то Министерство природных ресурсов и его контрольный орган – ГКЗ зорко наблюдают за движением запасов и утверждает кондиции на руду.

Ниже будет показано, что в современных жестких условиях нарастающей конкуренции горное предприятие имеет только 2 действенных рычага для повышения эффективности добычи и переработки собственных минеральных ресурсов:

- разработка стратегии регулирования во времени бортового содержания добываемой руды
- оптимизация последовательности извлечения запасов руды из недр.

Как было показано выше, контрольные органы РФ до сих пор стараются делать все, чтобы эти рычаги не были использованы в полную меру.

3.6.2. Последовательность планирования и состав горных планов

В основе любого плана были положены директивные задания Министерства, ведомства или цифры верхнего по иерархии плана, т.н. – контрольные цифры.

Система планирования подразумевалась непрерывной и состояла из стадий:

1. ТЭО кондиций, которое разрабатывалось после завершения разведки месторождения.
2. ТЭО (или ТЭР) целесообразности проектирования и строительства (реконструкции, расширения) горного предприятия
3. Календарный план разработки месторождения, который выполнялся в ходе проектирования предприятия
4. Пятилетний план
5. Годовой план
6. Месячный (квартальный) план
7. Недельно-суточный (декадно-суточный) план

Обычно пятилетние планы называли ПЕРСПЕКТИВНЫМИ, годовые – ГОДОВЫМИ, квартальные и месячные – ТЕКУЩИМИ, а недельно-суточные – ОПЕРАТИВНЫМИ. Но в этой терминологии нет единства, и в разных источниках Вы можете найти отличные классификации.

Теперь о каждой стадии планирования более подробно.

Первое **ТЭО (кондиций)** предлагало несколько вариантов граничных параметров руды, из которых утверждался только один, который становился законом для горного предприятия. В этом ТЭО рассматривались наиболее перспективные варианты освоения месторождения и переработки руды, производились достаточно подробные технико-экономические расчеты. Предлагались основные параметры горных работ, границы и последовательность отработки запасов, технологические решения по переработке руды, производительность производства на разных этапах.

Одно из печальных последствий этих расчетов состояло в том, что они оказывались никому не нужны, когда разрыв от времени утверждения запасов до начала строительства рудника достигал иногда десятков лет.

ТЭО строительства предприятия – это серьезная проработка, которая выполнялась проектным институтом с привлечением требуемых экспертиз, согласований и исследований. В нем предлагались основные технические, технологические и организационные решения, которые свойственны перспективным горным планам. На основе детальных технико-экономических расчетов делались следующие выводы и предложения:

- Оценка экономической эффективности строительства предприятия
- Соответствие принятых технологий, оборудования, строительных решений, организации производства и труда новейшим достижениям отечественной и зарубежной науки и техники и прогрессивным удельным показателям
- Данные для составления задания на проектирование предприятия
- Перечень научно-исследовательских, конструкторских, экспериментальных и изыскательских работ, которые необходимо выполнить для проектирования и строительства предприятия, изготовления оборудования.

Для небольших месторождений вместо ТЭО составлялся ТЭР (техноко-экономический расчет), который в несколько упрощенном виде содержал всю информацию, характерную для полноценного ТЭО.

Аналогом такого ТЭО в западной практике можно считать Feasibility Study Report (FS).

Подробный **календарный план** разработки месторождения и переработки его запасов обычно завершал проект горных работ, составляемый отраслевым проектным институтом.

Календарный план проекта – это порядок и последовательность отработки всех балансовых запасов руды для достижения плановых (контрольных) показателей с минимальными затратами. По нему для любого момента времени можно определить:

- очередность выемки руды и вскрыши, подготовки, нарезки новых блоков и вскрытия новых горизонтов
- объемы добычи руды (и вскрыши) по уступам, горизонтам, блокам и качество добываемой руды
- состояние материальных, топливно-энергетических и др. ресурсов предприятия, количество оборудования и т.д.

Календарные планы составлялись в виде линейных графиков, циклограмм и сетевых графиков. В них предусматривалось обоснованное опережение вскрышных, подготовительных и нарезных работ, учитывались нормативные потери и разубоживание.

Главные параметры горных работ на карьере, которые закладывались проектом и учитывались в календарном плане:

- Конечные и промежуточные контуры карьера
- Система вскрытия карьерного поля
- Комплексы оборудования
- Мощность карьера и режим горных работ
- Система разработки и ее параметры

Дальнейшие стадии планирования обычно осуществлялись непосредственно на горном предприятии. Однако, **пятилетний план** обязательно «верстался» под контролем головного проектного института или, иногда, полностью передавался ему. Эта работа обычно начиналась за 1.5 года до начала планового периода. В процессе планирования рассчитывались скорректированные объемы и качество руды, а вся информация о последовательности отработки запасов в плановом периоде наносилась на погоризонтные планы и разрезы. Основой такого планирования являлся проект горных работ, если он оставался реальным и соответствовал текущей ситуации.

Годовой план разрабатывался на предприятии за 2-4 месяца до начала нового года. В этой работе принимали участие почти все службы комбината. Горная часть плана состояла из следующих этапов.

Сначала делался прогноз положения горных работ в конце текущего года, от которого собственно и начиналось новое планирование.

Далее составлялся план по руде. Рассчитывались объемы вскрытых запасов и, если их не хватало до выполнения контрольных цифр, то предусматривалось вскрытие новых горизонтов. Производилась проверка соответствия плановых содержаний в руде и соответствующих контрольных (утвержденных) показателей. Определение содержаний выполнялось на геологических разрезах и планах методом средневзвешенного по площадям. Если средние содержания не соответствовали директиве, то производился поиск других доступных участков при сохранении заданного объема руды. Все оценки содержаний делались на планах и разрезах по геологической информации, полученной в основном в ходе детальной разведки, доразведки и эксплуатационного обустройства месторождения.

После этого составляли план всрышных работ. Производилась отстройка рабочих бортов карьеров с учетом ширины рабочих площадок. Плановый коэффициент вскрыши должен был соответствовать директивному показателю. Если этого не удавалось сделать обычными методами, то использовались следующие «хитрости»:

- уменьшение до минимума ширины рабочих площадок
- применение сдвоенных, строенных уступов
- использование временно нерабочих бортов карьера.

Потом выполнялся расчет потерь и разубоживания для каждого рудного тела, после чего средние содержания и объемы руды пересчитывались.

Далее детально рассчитывались объемы бурения, отбойки, погрузки и транспортировки руды, производительности и потребности в оборудовании.

Порядок и состав годового планирования для подземных рудников учитывал специфику систем разработки и вскрытия запасов, тип добываемого сырья и т.д., но в общих чертах оставался таким же. Годовой план разбивался (обычно равными долями) по кварталам года.

На некоторых рудниках составляли **квартальные планы** горных работ, которые обычно не играли важной самостоятельной роли.

Первый этап разработки квартального плана начинался одновременно с разработкой годовой программы, когда производилась ее поквартальная разбивка. При этом план первого квартала делался более подробным. Далее выполнялась детализация плана первого квартала по методике создания годового плана. При этом план на первый месяц квартала также делался детальнее остальных. Как правило квартальный план по важности уступал годовому и месячному, т.к. его главная задача – проверка хода выполнения годового плана.

Месячное планирование – основной вид текущего планирования. Обычно оно делалось в последней декаде каждого месяца. Производилось сравнение планового и реального положения горных работ и забоев. Рассматривалось 2-3 варианта развития горных работ. Старший маркшейдер рудника подсчитывал остатки объемов взорванной горной массы по каждому забою на конец месяца. Старший геолог оценивал среднее содержание полезных компонентов в этих запасах по результатам оперативного эксплуатационного опробования блоков БВР. Если взорванных объемов не хватало, то составлялся план подготовки новых рудных блоков. После этого делался план вскрышных работ, график планово-предупредительного ремонта горного оборудования и т.д.

Недельно-суточный график просто распределял оборудование по добычным и вскрышным забоям на предстоящую неделю с учетом периодичности его планово-предупредительного ремонта. Он составлялся одним из производственных инженеров рудника. В процессе такого планирования создается следующий набор информации:

- График добычи руды по видам и сортам
- работы оборудования, в т.ч. транспортного
- График ППР

Качество руды начало интересовать горных планировщиков только сравнительно недавно. До этого (а кое-где и по сей день) на карьерах, например, планирование серьезно учитывало в основном только коэффициент вскрыши. Горные инженеры СССР бились над проблемой достичь максимально возможной производительности карьера по руде и перевыполнить плановые показатели

Серьезно заниматься качеством руды стало возможным только с появлением мощных персональных компьютеров и систем создания блочных моделей месторождений. То же самое можно сказать и об оптимизации горных планов. Эта задача стала реальной только недавно.

Интересно, что цветная металлургия, где проблемы качества руды стоят предельно остро, сильно отставала по техническому уровню горного планирования от черной металлургии и угольной промышленности. Причины этого могли быть следующие:

- объемы добычи горной массы были невелики по сравнению с железорудными предприятиями, оперативного опробования руды в массиве по многим металлам не было, нарушение технологического регламента не вызывало таких серьезных аварийных остановок, как, например, для доменных печей, а лишь – потери металлов
- качество выплавляемой стали зависит от стабильности шихты, а качество цветных металлов – в основном от состава шихты (наличия в ней вредных примесей)
- черная металлургия разделена на подотрасли: добыча руды и металлургия, а цветная – нет, поэтому требования к качеству поставок сырья здесь ниже
- размеры горно-обогатительных комбинатов цветной металлургии – меньше, а изменчивость качества руды – больше.

Следовательно, первая и главная задача при переходе на современные информационные технологии горного планирования – **создание подробной и достоверной блочной модели месторождения.**

К сожалению, приходится констатировать, что до сих пор многие горные предприятия СНГ используют вышеописанную технологию планирования, т.е. работают в значительной степени неэффективно. В приложении 1 для сведения приведен перечень материалов, которыми следует руководствоваться горным предприятиям при составлении планов горных работ и расчетах нормативов потерь и разубоживания.

В конце этого раздела помещен список литературы, в которой можно найти краткую информацию о традиционных для СССР принципах горного планирования.

Надо признать, что ситуация с горным планированием в СНГ постепенно меняется к лучшему. Многие крупные ГОКи имеют современное программное обеспечение, регулярно создают и поддерживают компьютерные блочные модели своих месторождений. (Холдинг Полиметалл, Казцинк, Кумтор, Бурятзолото и некоторые другие). ГКЗ начинает делать шаги навстречу предприятиям, представляющим на экспертизу материалы на машинных носителях в виде готовых блочных моделей. Казцинк, например, создал у себя группу стратегического горного планирования. Есть и ряд других примеров, свидетельствующих об изменении ситуации к лучшему.

Литература

1. Ржевский В.В. Открытые горные работы, Ч.2., М., Недра, 1985, 549 с
2. Планирование развития горных работ в карьерах., Арсентьев А.И., и др., М, Недра, 1972, 152 с.
3. Совершенствование методов проектирования и планирования горных работ в карьере. под ред. Н.В.Мельникова, Л, Наука, 1981, 280 с.
4. Грачев Ф.Г. Теория и практика усреднения качества минерального сырья. М., Недра, 1983, 157 с.
5. Арсеньев С.Я., Прудовский А.В. Внутрикарьерное усреднение железных руд., М., Недра, 1980, 248 с.

6. Качество рудного сырья черной металлургии. Новожилов М.Г. и др., М., Недра, 1977.,415 с
7. Шестаков В.А. Проектирование рудников.,М.,Недра.,1987, 231 с. Подземка
8. Методология проектирования горных предприятий: Справочник, Редактор Станченко И.К., М., Недра, 1986, 429 с.
9. Бызов В.Ф. Усреднительные системы на горно-обогатительных предприятиях,. М, Недра, 1988, 213 с
10. Проектирование предприятий с подземным способом добычи полезных ископаемых. Справочник, М., Недра, 1991, 399 с.
11. Hustrulid W. Kuchta M. 1995. Open Pit Mine Planning & Design. A.A.Balkema. Rotterdam
12. SME Mining Engineering Handbook, 2nd Edition. SME, USA, 1992
13. Surface Mining, 2nd Edition. SME, USA, 1990, 1206 p.

4. Компьютерные программы для планирования горных работ.

4.1. Интегрированные системы общего назначения

На мировом компьютерном рынке в настоящее время предлагается свыше 10 интегрированных горных систем (ИС), которые предлагают примерно одинаковый набор функций:

- Управление Базами Данных;
- Интерактивная 3-х мерная графика и картирование;
- Статистическая и геостатистическая обработка информации;
- Трехмерное моделирование геологических объектов и поверхностей;
- Проектирование открытых и подземных горных работ;
- Планирование развития рудников и календарное планирование;
- Маркшейдерские расчеты.

В системах разных компаний обычно предлагаются дополнения к стандартному набору, которые заметно расширяют возможности программного продукта. Большинство ИС работают с различными операционными системами (Windows, Unix и т.д.), на любых платформах, а также имеют интерфейсы для работы с практически любой периферией (плоттерами, дигитайзерами, сканерами, стримерами и т.д. и т.п.).

Они предоставляют пользователю колоссальный набор инструментов и стоят достаточно дорого (10-70 тыс. долларов и более в зависимости от количества модулей и числа пользователей). Большинство серьезных систем рассчитано на работу в многопользовательском режиме в сетях. Такая конфигурация позволяет очень быстро обрабатывать громадные объемы информации, одновременно запускать несколько программ, а также в полной мере использовать все возможности 3-х мерной динамической графики.

Кроме того, в последние годы компании, разрабатывающие такие системы, предлагают клиентам консультационные услуги, в т.ч. услуги по развитию на объектах клиентов Информационных Технологий и основанных на них комплексных решений, выходящих далеко за рамки проблем, охватываемых их программными продуктами.

Ниже приведена краткая характеристика наиболее распространенных в мире интегрированных горных систем применительно к выполняемым ими функциям горного планирования. К сожалению, страны СНГ пока «не произвели на свет» ни одной конкурентоспособной интегрированной горной системы. Работы в этом направлении идут в Москве (Интегра), Апатитах (Горный институт КНЦ РАН), Белгороде (ВИОГЕМ), Кривом Рогу и некоторых других местах.



Vulcan

Австралийская компания KJRA Systems, являющаяся членом известной группы компаний MAPTEK « <http://www.maptek.com/> », разработала и продает мощную и достаточно дорогую интегрированную систему «**Vulkan**», имеющую большой набор модулей для решения самых разных задач в области геологии, горного дела, маркшейдерии, экологии:

- Набор программ для детальной обработки геологоразведочной информации
- Инструменты для моделирования геологических объектов, в т.ч. - месторождений нефти и газа
- Геостатистическое исследование месторождений и различные виды кригинга
- Моделирование и расчет гидрогеологических характеристик объектов
- Проектирование карьеров и подземных рудников на рудных и пластовых месторождениях
- Моделирование устойчивых бортов карьеров геомеханические расчеты
- Контроль качества добываемой руды
- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках
- Оптимизация календарного плана горного предприятия
- Проектирование генпланов предприятий
- Моделирование экологических ситуаций
- Детальные маркшейдерские расчеты, графика. Использование возможностей систем точного географического позиционирования (GPS)
- Возможности высокоточного лазерного моделирования объектов (I-Site)
- Интерфейсы для импорта/экспорта информации для большинства горных систем и общераспространенных пакетов программ
- Мощные средства для получения изображений и вывода графики

В составе системы предлагается обычный набор средств для составления горных планов любой продолжительности и их оптимизации.

Начиная с 1998 года в компании работает служба, оказывающая помощь горным предприятиям в развитии у них Информационных Технологий с самым широким спектром предлагаемых услуг.

Сейчас готовится к выпуску версия 5 системы, которая серьезно улучшает некоторые функции. Например, Вы можете в процессе проектирования карьера создать с помощью линий этапы отработки (pushbacks), для которых с помощью каркасов и блочной модели подсчитываются необходимые технико-экономические показатели. Можно также интерактивно изменять углы откоса бортов карьера и сразу получать объемы дополнительного или теряемого материала.



Mincom
The People. The Experience. The Vision.

MineScope

Австралийская компания Mincom Pty Ltd « <http://www.mincom.com/> » разработала и предлагает на рынке систему **Minescape**, а также ряд других мощных и весьма полезных программных продуктов, которые существенно облегчают продвижение горной компании к успешному бизнесу. Компания предлагает не только компьютерные программы, но и готовые технические решения, разработанные на их основе, а также консультационные услуги.

MineScope – это интегрированная 3-х мерная CAD система, созданная для геологического моделирования угольных и рудных месторождений, планирования и проектирования открытых и подземных горных работ. Она включает в себя:

- Возможности моделирования и оценки любых типов месторождений
- Инструменты для проектирования и планирования работы рудников, разрезов и шахт
- Способность управлять этими процессами с учетом разных критериев и ограничений.
- Пользовательский язык программирования

- Средства для создания отчетов, демонстраций, всевозможной графики

Кроме этой системы компания предлагает целый набор элементов (решений) информационных технологий, которые могут быть использованы не только на горных предприятиях.

Ellipse – это современная, работающая в реальном времени, система планирования ресурсов интенсивно развивающихся компаний, которая позволяет клиентам принимать оптимальные решения, быстрее реагировать на изменение ситуации, снижать риск и производственные затраты, за счет чего увеличивать прибыль компании. Система состоит из подсистем:

- **Assets & Works Management** – эффективный инструмент для управления активами компании (в т.ч. оборудованием), начиная от их приобретения до обеспечения персоналом, запчастями, контролем за эффективным использованием и окончательной утилизацией
- **Supply & Logistics Management** – обеспечивает оптимальную работу служб снабжения компании оборотными средствами, начиная от поиска самых выгодных поставщиков и кончая контролем и учетом движения материалов и запчастей по службам компании
- **Financial Management** – управляет финансовыми потоками компании и оптимизирует их
- **Human Resource Management** – подсистема управления трудовыми ресурсами

Mincom Axis – современная система организации и контроля взаимоотношений компании с партнерами по бизнесу, поставщиками и потребителями.

Business Intelligence – система для управления бизнесом компании, позволяющая на основе анализа поступающей в реальном времени информации формировать оптимальные управленческие решения.

EnergyPoint – система управления энергетическими ресурсами компании

LinkOne – существенно улучшает информационное обслуживание персонала компании за счет использования электронных каталогов, внутреннего документооборота, получения сведений через Интернет и т.д.

MineMarket - позволяет получать информацию о содержании, местонахождении и качестве всех видов продукции предприятия в течение прохождения ими производственного цикла, а также следить за продажей выпущенной продукции в соответствии с заключенными контрактами, уровнем цен и получаемой выручкой.



Datamine

Компания Mineral Industry Computing Ltd « <http://www.datamine.co.uk/> » разработала и постоянно совершенствует интегрированную систему ДАТАМАЙН. Не так давно была выпущена принципиально новая версия – Датамайн-Студио, которая непрерывно совершенствуется.

Это одна из наиболее распространенных в мире систем (более 300 пользователей, в т.ч. в СНГ: МНПО «Полиметалл», АК «Алмазы России-САХА», Институт Гипроникель, АО «Карельский Окамыш», Казцинк, Оксус Ресурсес и т.д.), позволяющая специалистам эффективно решать широкий спектр геологических, горных и маркшейдерских задач. Она работает на всех стандартных платформах со всеми главными операционными системами.

Компания также предлагает клиентам консультационные услуги и развивает возможности системы за счет разработки новых ее вариантов, предлагающих горным предприятиям комплексные решения на основе ИТ, включающие стадии переработки руды, транспорта продукции и общие проблемы управления компаний.

Система состоит из Ядра и Модулей Расширения, которые выбираются пользователем применительно к своим потребностям.

Основные модули Датамайн-Студио:

- Моделирование месторождений.
- Каркасное моделирование пространственных тел и поверхностей.
- Моделирование складчатых структур
- Многомерная статистика
- Геостатистический анализ месторождений
- Маркшейдерские построения и расчеты.
- Проектирование и планирование открытых горных работ
- Календарное планирование горных работ
- Оптимизация процесса усреднения руды.
- Краткосрочное планирование горных работ.
- Система управления запасами руды на складах
- Проектирование и планирование подземных горных работ.
- Проектирование массовых взрывов на подземных рудниках.
- Оптимизация размещения и выемочных блоков на карьерах и подземных рудниках методом плавающего конуса
- Трехмерный Стереонет,

Возможности системы Датамайн в области планирования горных работ детализированы ниже, в главе 9.



Medsystem (Сейчас – MineSight)

Американская компания Mintec Inc. «<http://www.mintec.com/>» сравнительно давно (с 60-х годов) одна из первых вышла на рынок со своей интегрированной системой **Medsystem**. Фирма насчитывает более 300 пользователей и в последнее время стремится дать системе второе дыхание. Новое название главного компьютерного продукта - **MineSight**

Система особенно широко распространена на горных предприятиях США и Канады. Она имеет кроме Ядра 5 основных модулей, каждый из которых – набор нескольких или многих специализированных программ:

Моделирование месторождений

- создание и управление базой геологической информации
- компонование информации по буровым скважинам
- статистика
- геостатистика
- геологическая интерпретация
- каркасное моделирование поверхностей и замкнутых объектов
- блочное моделирование
- всесторонняя оценка минеральных ресурсов

Проектирование горных работ

- трехмерное моделирование
- оптимизация карьеров по Лерчу-Гроссману
- проектирование карьеров, отвалов и складов
- проектирование БВР на карьерах и шахтах
- проектирование подземных рудников

Планирование горных работ

1. Интерактивное планирование

- планирование открытых и подземных горных работ
- достижение требуемых параметров плана (тоннаж, качество рудопотоков)
- сохранение результатов планирования и создание презентаций

2. Планирование на карьерах

- календарное планирование на длительную перспективу
- детальное проектирование фаз развития карьеров
- максимизация NPV
- оптимизация бортовых содержаний

3. Стратегическое планирование

- оптимизация долгосрочных календарных планов
- управление системой рудопотоков предприятия
- планирование и контроль за постоянными и переменными затратами
- планирование работы транспортно-погрузочного оборудования

Контроль за горными процессами

- система контроля качества руды
- управление базой данных эксплуатационного (шламового) опробования
- система корректного распределения материалов по рудопотокам
- сопоставление плановых и реальных данных
- оценка качества материала в любом месте рудопотока
- связь и обмен информацией с используемыми GIS и CAD программами

Инструменты общего назначения

1. acQuire™

- обеспечивает создание и доступ к разным базам данных
- управление геологической информацией
- связь с другими системами и программами с целью обмена информацией

2. Grail

- интерфейс для использования в системе возможностей для языка **Script**
- создание и обработка потоков информации
- помогает эффективному использованию процессов для горного планирования
- содержит интерактивную библиотеку информации, используемую в разных подсистемах

3. DSS

- организация работы пользователей, обмена и секретности информации
- доступ пользователей к общим и ограниченным информационным ресурсам
- контроль за авторством информации и данных и прохождением ее в разных базах данных



Gemcom

Система GEMCOM разработана канадской компанией Gemcom Software International Inc. «<http://www.gemcom.bc.ca/>» и включает в себя все требуемые функции, начиная от ввода первичных данных и заканчивая блочным моделированием месторождений, проектированием и планированием открытых и подземных горных работ.

Система является одной из самых распространенных в мире и включает в себя следующие основные модули:

- Управление данными геологоразведки
- Геологическое опробование
- Моделирование месторождений
- Геомеханические расчеты
- Проектирование карьеров и шахт
- Планирование горных работ
- Календарное планирование и производственная программа
- Контроль производства
- Управление работой горного оборудования
- Экологическое моделирование

- Управление документооборотом предприятия
- Маркшейдерские расчеты

Программы системы построены таким образом, чтобы работать в отдаленных местах, главным образом – на горных предприятиях, *при минимуме технической поддержки и обучения*.

Несколько лет назад Компания приобрела австралийскую группу Whittle, которая занимается развитием оптимизационных программ для карьеров (см. следующий раздел).

Не так давно фирма разработала на основе своей системы специальный продукт, который они назвали IRAMS (**The Integrated Resource Asset Management System**). Это интегрированная компьютерная система управления минеральными ресурсами, которая может использоваться на большинстве горных производств и выполнять различные операции, характерные для горных предприятий. Она способна управлять запасами руды и оптимизировать оценку минерального сырья, планировать горные работы и погашение запасов, что является стержнем любого горного производства.

В СНГ система использует РАО «Норильский никель», Бурятзолото, Корякгеолдобыча, Южноуральская горно-рудная компания, Карельский окатыш, ОАО «Высочайшее», Кумтор оперейтинг компании, Славянский университет (Киргизия) и др.

Кроме традиционных для интегрированных систем этого класса ресурсов составления календарных планов система имеет специальный модуль **Go Scheduler**, который позволяет значительно улучшить качество и оперативность производственных планов. В частности, этот процесс выполняет следующие функции:

- Определяет требуемые параметры горного оборудования и его использование с заданной производительностью
- Учитывает работу других переделов производства: цехов по переработке руды, рудных складов, отвалов, обслуживающих цехов
- Настраивает и имитирует горные процессы (БВР, погрузка, транспорт руды и т.д.) с учетом их особенностей.
- Рассчитывает и выдает параметры плана и его экономические результаты



Surpac

Австралийская компания Surpac Software International «<http://www.surpac.au/>» является автором широко распространенной в мире (около 1000 пользователей), динамично развивающейся и мощной системы **Surpac Vision**, а также других продуктов, связанных по большей части с планированием горных работ. Система из-за своей сравнительно невысокой стоимости и русскоязычной поддержки быстро распространяется в СНГ.

Система **Surpac Vision** – состоит из следующих модулей:

- Моделирование и оценка запасов месторождений, включая геостатистику
- Проектирование карьеров и БВР
- Проектирование подземных рудников и БВР
- Маркшейдерские расчеты
- Контроль качества рудопотоков
- Календарное планирование
- Обработка геологоразведочной информации
- Обработка данных по скважинам, включая каротаж
- Макро команды

Система имеет большую библиотеку стандартных символов и изображений для создания высококачественной графики.

Дополнительно поставляются следующие модули:

Pit Optimisation - Модуль базируется на алгоритме Lerchs Grossman и работает непосредственно с блочной моделью, создаваемой в Surpac Vision. По аналогии с известными оптимизационными программами австралийской компании Whittle и NPV Scheduler модуль

обеспечивает получение предельного (оптимального) карьера со встроенными оболочками и может разбивать его на этапы отработки (pushbacks).

MineSched – это современный и динамичный инструмент для календарного планирования открытых и подземных горных работ. С ним горный инженер способен очень гибко выбирать время и место будущих работ. Результаты экспортируются в Microsoft Excel и Project для создания таблиц, графиков и презентаций. Модуль начал развиваться 5 лет назад и сейчас используется почти на 100 рудниках в более чем 20 странах мира.

Этот продвинутый планировщик работает непосредственно с блочной моделью месторождения, включая модели Датамайн.

Графики производства могут составляться в течение минут, позволяя быстрый анализ многих сценариев. Горные работы могут производиться одновременно в любом количестве забоев. Эти забои могут быть в одном карьере или представлять собой несколько карьеров (очистных блоков подземного рудника). Затраты и доходы компании также учитываются, что дает возможность оценивать варианты по NPV и потоку наличности. В процессе составления плана достигается требуемая однородность рудопотоков за счет их усреднения.

Планирование подземных горных работ обеспечивает необходимое опережение вскрытия и подготовки запасов горизонтов. Система (график проходки) подготовительных выработок может создаваться интерактивно или автоматически.

Этот инструмент подходит как для перспективного так и для текущего планирования. Весь процесс может быть автоматизирован, поэтому для создания нового варианта плана требуется нажатие всего одной кнопки.

Предусмотрено планирование также и вспомогательных операций, обслуживающих основные процессы. Здесь учитываются все ресурсные ограничения, которые позволяют увеличить реальность горного плана.

В системе создан модуль планирования работы рудных складов и динамического управления рудопотоков горного предприятия. Каждая порция материала, в зависимости от своего качества будет размещаться в требуемое место (склад, бункер и т.п.). Программа создает баланс металла по всем рудопотокам, что является гарантией отсутствия сверхнормативных потерь руды.

Модуль имеет интерфейс с Microsoft Project, что позволяет полностью использовать его громадные возможности создания программ и графиков работы.

Maximiser – это инструмент для средне и долгосрочного планирования горных работ. Он дает горному инженеру возможность максимизировать вашу доходность в период жизни рудника, учитывая все реальные ограничения. Модуль был создан на принципах стратегического планирования и способен быстро найти оптимальное решение для обеспечения фабрики сырьем нужного качества с наименьшими затратами.

Оптимизация чаще всего производится по критерию максимума NPV. В этом случае лучшими будут варианты с минимальными начальными капвложениями, повышенным бортовым содержанием и отсроченными вскрышными работами.

В процессе работы модуля производится оптимизация последовательности извлечения запасов внутри карьера с учетом необходимого усреднения и переработки руды, капитальной вскрыши, расстояний транспортировки руды и вскрыши, а также – используемого горного оборудования.



MICROMINE
PRODUCTS CONSULTING

MICROMINE

Система Микромайн (**Micromine**) разрабатывалась австралийской фирмой Micromine Pty «<http://www.micromine.com.au/>» с 1984 г. главным образом для геологической индустрии. Он имеет много процессов и инструментов для решения задач, возникающих при разведке и эксплуатации месторождений полезных ископаемых. Одна из основных задач пакета - это моделирование месторождений и оценка запасов.

Программное обеспечение Майкромайн переведено на русский язык и уже используется несколькими горными компаниями и ВУЗами в основном в России. Распространение его идет достаточно быстро из-за низкой стоимости программ и простоты их освоения техническим персоналом.

Пакет имеет полный набор инструментов для решения следующих задач:

1. Создание баз данных и работа с ними.

Базы данных геологоразведочных организаций создаются и поддерживаются в пакете в табличном формате. Данные могут импортироваться в пакет из любых стандартных продуктов Windows или текстовых форматов, вводиться дигитайзером или импортироваться из систем GPS.

2. Проверка данных опробования и геологической документации на предмет возможных ошибок при их вводе.

3. Создание графики: разрезов, планов, трехмерных изображений с выводом любых данных (результаты опробования, геологические коды, гистограммы, заливки и пр.).

4. Классический статистический анализ геологоразведочной информации (опробование, геохимия, геофизика) с выводом на печать графиков, гистограмм, таблиц и результатов их анализа.

5. Интерактивная трехмерная интерпретация геологических разрезов и планов (геология, минерализация и пр.) с кодировкой каждого периметра.

6. Интерактивное трехмерное каркасное моделирование рудных тел, геологических формаций и поверхностей.

7. Полный геостатистический анализ любых трехмерных данных, включая расчет и моделирование вариограмм, карт вариаций изменчивости и оценки пространственной анизотропии минерализации.

8. Построение блочных моделей с заданным размером элементарных блоков.

9. Интерполяция содержаний в элементарных блоках моделей, используя известные алгоритмы и кригинг.

10. Возможность оценки запасов методом разрезов, в пределах каркасных моделей или с использованием блочных моделей.

11. Трехмерная визуализация любых данных, поддерживаемых Micromine с выводом их на печать.

Кроме того, пакет имеет модули и процессы для ввода и обработки:

- Геохимических и геофизических данных;
- Геодезических данных с возможностью трансформации географических сетей;
- Горных данных с возможностью проектирования карьеров и буровзрывных работ.

При обработке информации в пакете предусмотрены макросы, которые значительно облегчают эту работу.

Недавно система дополнена новым модулем **PITRAM**, который обеспечивает оперативное управление горным производством (с использованием информации от GPS) и контроль качества руды. В основную систему недавно был включен и модуль проектирования карьеров, выполняющие стандартные функции, характерные для большинства интегрированных горных систем.

4.2. Специализированные пакеты и программы:

Рассмотренные выше интегрированные горные системы не могут в большинстве случаев охватить полностью весь спектр специализированных задач, связанных с разведкой и разработкой месторождений. Поэтому они все больше концентрируются на задачах, связанных с моделированием и оценкой рудных запасов, проектированием горных работ и некоторыми другими. Область горного планирования постепенно становится объектом специализированных разработок, осуществляемых отдельными компаниями.

4.2.1. Оптимизация границ горных работ и календарных планов



Американский математик Болеслав Толвинский создал систему **NPV Scheduler** для оптимизации карьеров и календарных планов открытых горных работ.

Она состоит из 5-ти частей, выполняющих:

- построение конечного оптимального карьера (алгоритм Lerchs-Grossman) и фаз его развития (MAXIPIT)
- создание этапов отработки месторождения (PUSHBACKS)
- создание оптимального календарного плана отработки карьера (PRODUCTION SCHEDULE).
- оптимизацию системы рудопотоков горного предприятия

- оптимизацию системы рудопотоков нескольких карьеров

Первая программа – MAXIPIT использует блочную модель месторождения, импортируемую из Датамайн (или любых других горных пакетов) без предварительного создания регулярной модели. Далее она создает собственную экономическую модель месторождения с учетом разработки и переработки даже очень сложных многокомпонентных руд с различными ценами, затратами и параметрами извлечения.

Затем создается модель безопасных бортов будущего карьера, которые могут иметь очень сложную форму и углы наклона. Задаются коэффициенты дисконтирования и производительность карьера, а также максимальное количество промежуточных оптимальных карьеров (зон), из которых в будущем может быть выбран действительно оптимальный карьер.

Оптимизация может быть произведена по различным критериям, в т.ч. – по критерию, созданному пользователем.

Наиболее часто используемый критерий – максимального значения приведенного дохода за весь срок существования предприятия – max NPV (Net Present Value).

На выходе из программы для каждого карьера рассчитывается:

- Рекомендованное экономическое бортовое содержание для всех полезных ископаемых
- Поток денежных средств (CashFlow), \$
- Количество горной массы в контуре карьера, тонн
- Количество руды разных видов с учетом разубоживания, потерь и бортового содержания, тонн
- Количество всех извлекаемых металлов *после переработки руды* (золото и серебро в слитках), кг
- Оценка NPV, \$
- Время работы карьера, лет

Программа рассчитывает также оптимальную последовательность извлечения запасов месторождения.

Вторая программа пакета позволяет разбить карьер на наиболее выгодные этапы (pushbacks) с соблюдением всех горных ограничений и сохранением максимально возможного выбранного экономического критерия.

Третья программа создает оптимальный календарный план на любой требуемый отрезок времени. При этом пользователь может использовать практически любой из требуемых спецификой производства экономических или технических критериев оптимизации. Можно очень быстро рассчитать несколько программ для различных критериев и выбрать наилучший из них.

Четвертая программа оптимизирует производительность предприятия и бортовое содержание в поставляемой на переработку руде. Она позволяет включать в процесс оптимизации все имеющиеся на карьере рудные склады, а также потоки руды, поставляемые с других горных предприятий.

Пятая часть системы позволяет оптимизировать суммарный рудопоток, формируемый из нескольких карьеров. Здесь требуется предварительно оптимизировать карьеры и календарные планы на всех месторождениях, из которых руда поступает в одно место на переработку.

Все программы имеют современный дружелюбный интерфейс пользователя и позволяют использовать импорт и экспорт практически любых данных. В конце работы каждой программы инженер получает подробный отчет о результатах расчетов.

Программы позволяют также выполнять разнообразную графику для последующего использования ее в анализе результатов и в различных отчетах:

- Планы, разрезы и изометрические проекции моделей месторождения и карьеров
- Графики изменения всех используемых и полученных параметров во времени и кумулятивные графики.



Программные продукты WHITTLE для оптимизации карьеров

Австралийская компания Whittle Programming (сейчас – часть компании Gemcom) «<http://www.whittle.com.au/>» заслужила всеобщее признание в мире своими пакетами программ для оптимизации карьеров **Three-D** и **Four-D**. В них эффективно используется алгоритм Лерча-Гроссмана, и они включены практически во все программные продукты (интегрированные системы), перечисленные выше. Сейчас на рынке предлагаются новые развития этих систем: **Four-X Analyser** с набором дополнительных модулей:

Система **Four-X Analyser** может анализировать сложные месторождения с многими полезными компонентами в руде или видах продукции горного предприятия. Все функции программы Four-D при этом сохраняются, включая обработку данных по многим типам пород и вывод информации в формате электронных таблиц. Кроме того, Вы можете задать извлечения для каждого процесса и элемента (товара), а также производственные затраты для каждого извлекаемого элемента. Каждый элемент рассчитывается отдельно, поэтому нет надобности вводить категорию условного металла, как это практиковалось в программе Four-D. Вы можете также задавать цены и прочие условия для каждого элемента.

Модуль **Foundation** является мощным ядром системы Four-X Analyser, которая постоянно пополняется новыми модулями, расширяющими и улучшающими его базовые возможности. Профессиональные горные инженеры могут начать планирование с использования Foundation, а затем добавлять модули по мере возрастания требований. Этот информационный листок описывает некоторые особенности Foundation.

Основанный на последних достижениях графического интерфейса (GUI), известного как среда Proteus Environment®, Foundation позволяет пользователям быстро и легко импортировать, манипулировать и визуализировать модели месторождений, отстраивать откосы карьеров, операционные и экономические модели, а также оптимизировать предельные и промежуточные оболочки карьеров. Пользователи могут составлять планы развития рудника трех типов, включая планы с соблюдением контрольных точек и графическим анализом результатов.

Модуль **Milawa Algorithm**® добавляет новое измерение в процесс планирования на весь срок эксплуатации рудника. Он оптимизирует план, учитывая все ваши производственные и экономические ограничения при поиске максимума NPV. В качестве альтернативы он может применяться для “балансировки” вашего плана горных работ путем поиска варианта максимального использования доступных производственных мощностей по добыче и переработке.

Milawa Algorithm® является запатентованным алгоритмом, который формирует планы добычи по каждому этапу работы рудника до конца отработки месторождения. Он реагирует на все производственные ограничения, цены и затраты для моделей в Four-X Analyser, а также дает дополнительные средства контроля над процессом составления графика горных работ.

Milawa оптимизирует график добычи, определяя какие уступы каждого этапа жизни карьера должны быть отработаны в заданный период времени. Он следует всем правилам предшествующего разбиения на этапы и, кроме того, пользователь может контролировать добычу на каждом этапе установкой следующих параметров:

- Минимальная и максимальная дальность откатки
- Максимальное опускание горных работ в данном периоде.

Как и все производственные ограничения в Four-X, элементы контроля Milawa можно изменять для каждого периода, обеспечивая максимально гибкое управление процессом.

Графики добычи можно просматривать период за периодом в виде 3D анимации, используя интерактивный визуализатор Four-X Analyser, а модель последовательности добычи можно экспортировать в используемый базовый горный пакет для объединения с исходной блочной моделью и последующего детального проектирования карьера.

Модуль **Stockpile & Cut-off** обеспечивает полную оптимизацию качества и бортового содержания на рудных складах с целью максимизации NPV. Он позволяет выполнять оптимизацию складирования руды и бортового содержания рудопотоков с учетом последовательности добычи, создаваемой системой Four-X Analyser. Модуль может применяться для:

- Определения оптимального использования рудных штабелей.
- Определения оптимальной стратегии выбора бортового содержания для каждого рудопотока.

Модуль Stockpile & Cut-off включает полный расчет экономических показателей, позволяя горным инженерам экспериментировать с различными типами складов, параметрами добычи и переработки и быстро анализировать влияние разных факторов на конечные экономические

показатели. Дополнительные возможности включают оптимизацию стадии измельчения и времени нахождения в материала на разных этапах переработки.

Модуль **Multi-element** расширяет возможности Four-X Analyser, позволяя определять в модели до десяти элементов. Отчеты по каждому элементу выдаются отдельно, а качество и количество каждого элемента доступны для использования в задаваемых пользователем выражениях, графиках и отчетах.

Модуль Multi-element весьма полезен для анализа рудников по добыче многокомпонентного сырья. Каждый из продуктов может иметь независимую функцию извлечения для одного или более потоков переработки. Каждый элемент может иметь различную структуру затрат и ограничений по выходу. Используя мощный построитель математических выражений в Four-X Analyser, можно легко воссоздать поведение одного продукта при переработке в зависимости от качества другого.

Элементы не всегда являются продуктами, ими могут быть ядовитые или вредные минералы. Их также можно смоделировать и отслеживать с помощью модуля Multi-element.

Модуль **Multi-Mine** позволяет одновременно использовать в процессе оптимизации данные сразу по нескольким горным предприятиям. Пользователь имеет возможность в течение одного запуска процесса оптимизации использовать набор специфических горных ограничений по каждому руднику.

Выполнение таких расчетов дает возможность получать более реалистичные единые горные планы для шахт и карьеров, расположенных в разных районах, что позволяет существенно экономить время и деньги.

Новый модуль **Blending** помогает горным инженерам предусматривать в своих планах шихтовку материалов в соответствии со спецификациями на продукцию. Обогапителям необходимо шихтовать руду до ее подачи в процесс извлечения. модуль шихтовки Four-X Analyser не только позволяет принять в расчет смешивание, но он фактически оптимизирует шихтовку и использование штабелей. Это программное обеспечение преследует общую цель максимизации NPV всей этой операции.

Модуль Blending полностью интегрирован в систему планирования Four-X и множество этапов добычи можно планировать используя один из трех стандартных методов планирования Four-X. Если одновременно для планирования этапов применяется алгоритм Milawa, то оптимизируются также шихтовка и использование штабелей. Пользователь контролирует минимальное и максимальное расстояние откатки и разделение уступов каждого этапа, которые, как многие другие переменные в Four-X, можно со временем изменить.



Система MINE2-4D для оптимизации планов подземных горных работ

Система разработана компанией AST Mining [«www.mine24d.com»](http://www.mine24d.com). Система появилась сравнительно недавно, но уже широко используется крупнейшими горными компаниями по всему миру. Есть случаи применения ее и для планирования открытых горных работ.

Главным достоинством ее является способность интегрировать перспективные и текущие планы. Обычно в процессе планирования создается долгосрочный план на весь срок службы рудника. У инженеров-планировщиков он носит имя «Бюджет» (“Budget”). Этот план не корректируется ежедневно, хотя каждый день ситуация изменяется, и это должно отражаться на «Бюджете». Каждый день делает Бюджет устаревшим.

Эта программа использует термин «непрерывное планирование». Если изменен текущий план, то автоматически пересчитывается и все перспективные и среднесрочные планы.

Горные процессы обычно управляются серией правил или ограничений. Инструменты Mine2-4D представляют собой набор правил для точного выполнения всех необходимых работ. Четвертое измерение – экономическое. Пользователь должен разработать и ввести необходимые правила, которые будут неукоснительно соблюдаться до тех пор, пока пользователь их не изменит, или пока не будет выполнена вся требуемая работа.

Ситуация, в которой производятся горные работы, подсказывает горному инженеру выбирать подходящие параметры и показатели плана. Программа позволяет в короткие сроки рассмотреть множество разных сценариев.

Другие достоинства программы:

- Быстрый переход от проекта к планированию

- Представления плана в виде электронных таблиц, анимации или высококачественной графики.
- Возможность легко импортировать данные из других систем.

Mine2-4D предназначена для горных инженеров, которые должны использовать имеющуюся геологическую базу данных. Это система планирования, которая обеспечивает многие преимущества с помощью эффективного управления данными и их изменениями. Она позволяет управлять всем множеством данных, начиная от геологической модели, проектирования горных работ и кончая созданием полного и детального горного плана. Кроме того, программа способна быстро оценить финансовые последствия изменений деталей плана. Она может служить составной частью сложной горно-геологической системы управления или быть дополнением уже существующего программного обеспечения.

Время планирования сокращается почти на 90%. Программа выполняет процесс планирования в тесной связи с источниками данных и с помощью автоматического решения трудоемких задач, таких, например, как определение последовательности проходки горных выработок. Программа оперирует одновременно во всех созданных планах (от краткосрочных до перспективных), что позволяет быстро оценить финансовые последствия от изменения любого из них.

Mine2-4D может импортировать геологическую информацию из всех основных горных пакетов. Она имеет инструменты для подземного проектирования на основе импортированных данных. Когда данные импортированы, система запоминает эту операцию, и в следующий раз при обновлении исходной информации она сделает это автоматически.

Первым шагом в использовании программы является создание проекта горных работ. Mine2-4D автоматизирует большую часть процесса проектирования с помощью атрибутов линий, которыми задаются различные контуры выемки горной массы. Пользователь может создать новую линию требуемого цвета, стиля, с нужными символами, а затем – а затем автоматически задать атрибуты, такие как плотность руды, производительность и другие характеристики планирования.

Mine2-4D использует методологию реляционной базы данных для создания горных планов. Программа способна преодолеть многие из препятствий, с которыми сталкивается планировщик. В жизни горный план постоянно изменяется, поэтому от системы требуется управление этими изменениями и быстрый пересчет всех планов.

Чтобы связать горный план и программу выемки запасов, необходимо использовать процесс расчета последовательности выемки руды (Sequencing). Определение такой последовательности без использования Mine2-4D является очень трудоемкой операцией, т.к. приходится в основном вручную указывать все взаимосвязанные выработки и блоки. Программа имеет уникальный инструмент для автоматического создания таких последовательностей, уменьшая необходимость использования множества рутинных операций. Пользователь только задает атрибуты к нужным линиям для того, чтобы создать элементы стенок выработок, которые должны быть вставлены в последовательности. Соединение производится графически, и пользователь может контролировать процесс, используя анимацию.

Mine2-4D обеспечивает пользователя также процессами, которые автоматически оценивают созданные модели выработок по блочной геологической модели и вставляют полученные результаты в формируемый план. Положение ресурсов, атрибут и продвижения горных работ может быть указано графически внутри системы. С этого момента пользователь будет иметь полное 3-х мерное множество данных, доступных для планирования.

Получить 4-х мерный план – это одна проблема, а увязать его с другими планами – совершенно другая. Программа имеет набор инструментов для презентации, который позволяет всесторонне представить полученный план, начиная от деталей производственных затрат и кончая – 3-х мерными анимациями.



Программные продукты MINEMAX

Австралийская компания **MineMAX Pty Ltd.** «www.minemax.com» специализируется на разработке программных продуктов для оптимизации карьеров, а также календарных планов для открытых и подземных горных работ. Фирма предлагает клиентам 3 пакета.

Пакет **MineMAX Planne**, используя известные технологии оптимизации (алгоритм Лерча-Гроссмана) и трехмерной интерактивной визуализации, обеспечивает горного инженера легким в использовании и быстрым инструментом для оптимизации границ карьера и стратегического анализа. Основные характеристики пакета:

- Многокомпонентные руды
- Сложные технологии переработки руды
- Оптимизация по бортовому содержанию или максимуму потока наличности
- Учет сложных характеристик наклонов бортов карьера
- Переменные затраты на добычу и переработку руды
- Блоки могут иметь любое число подъячек, которые сохраняют их собственную геометрию
- Генерация вложенных оболочек карьеров для проектирования этапов (pushback)
- Трехмерная визуализация блоков и каркасов оболочек карьеров
- Детальная выходная информация о каждом карьере, типе руды и т.д.
- Диаграммы изменения всех рассчитанных параметров во времени.
- Интеграция с пакетом **MineMAX Scheduler** для стратегического планирования

Пакет **MineMAX Scheduler**- мощный инструмент для оптимизации календарного плана открытых горных работ. Он может обеспечивать режим усреднения разных видов материала, а также учитывать в системе рудопотоков рудные склады. Преимущества пакета:

- Быстро анализирует многократные экономическое, производственные и инфраструктурные сценарии
- Вычисляет высококачественные и практичные графики производства.
- Минимизирует количество удаляемой вскрыши.
- Максимизирует извлечение с помощью поставки на переработку руды оптимального качества.
- Увеличивает конкурентоспособность продукции с помощью жесткого контроля качества руды.
- Находит эффективные стратегии управления работой рудных складов

Для более плавного изменения коэффициента вскрыши во времени можно вводить в планирование соответствующие ограничения по объему перемещаемого материала. При необходимости вводятся также ограничения по возможностям процессов переработки руды. Каждый тип руды может иметь собственную технологию со своими технико-экономическими параметрами.

В отличие от некоторых других пакетов планирования, MineMAX Scheduler может рассматривать ограничения по усреднению руды как жесткие рамки вместо простых предпочтений. Программа способна соблюдать заданную последовательность отработки разных участков карьера, а также учитывать ограничения на максимальное количество одновременно работающих забоев.

Пакет **iGantt** - является мощным инструментом для календарного планирования открытых и подземных горных работ, который объединяет возможности диаграмм Gantt, трехмерную визуализацию и электронные таблицы. Преимущества пакета:

- Удобный в работе интерактивный интерфейс диаграммы Gantt позволяет новым пользователям создавать графики с первого дня
- Производительность увеличивается путем интеграции с другим деловым программным обеспечением и базами данных.
- Создается набор планов с учетом непредвиденных обстоятельств и возможных экономических/рыночных изменений.
- Быстрый пересчет планов с использованием iGantt при появлении незапланированных событий
- Дополнительный модуль оптимизации NPV с учетом эксплуатационных ограничений

- Задаваемые пользователями сообщения системы позволяют следить за ключевыми целями производства в табличной или в графической форме
- Трехмерные изображения графиков и презентаций и визуальная проверка практичности плана

4.2.2. Финансово-экономическое планирование



Программные продукты Runge

Австралийская фирма **Runge Mining Pty Ltd.** « <http://www.runge.com/>» разработала и продает набор мощных программ для использования в горной промышленности. Руководитель компании – крупный специалист в области горного планирования – Ian C. Runge, автор широко известной книги «Mining Economics and Strategy» [1]. Фирмой предлагаются следующие основные пакеты:

XPAC - База Данных по руднику и автоматическое многовариантное календарное планирование открытых и подземных горных работ. При этом производится отбор выемочных блоков и расчет доли каждого из них в рудопотоке для получения требуемого качества и тоннажа руды, поставляемой на переработку. Система может учитывать много видов продукции с разнообразными контролируруемыми показателями качества для каждого. Одна из функций системы – оценка бортовых содержаний в руде на основе анализа ситуации на мировых рынках. Пакет имеет 3 разновидности:

XPAC Autoscheduler – это единственный в своем роде пакет, который использует установленные пользователем правила и ресурсные ограничения, объединяет их с указанными целями и автоматически создает оптимальный календарный план. Процесс планирования состоит из 3-х шагов:

1. Задаются правила или ограничения для планируемой горной операции, например, геологические границы рудного тела и ресурсные ограничения.
2. Вводятся результаты, которых Вы хотите достичь в процессе реализации плана. Здесь для каждой цели может быть задано неограниченное количество требуемых технико-экономических параметров.
3. Затем программа создает лучший вариант плана для Ваших данных, если задача имеет решение.

Пакет дает возможность горному инженеру:

- быстро рассматривать множество альтернативных стратегий
- гибко реагировать на изменения рыночных требований
- варьировать с разными бортовыми содержаниями в рудопотоках
- осуществлять жесткий контроль за качеством руды
- возможность балансировать с объемами подготовительных, очистных работ и требуемых ресурсов
- контролировать весь процесс планирования
- захватывать и переносить полученные навыки и результаты на последующие этапы планирования

Пакет XPAC Underground Design разработан специально для угольных шахт. Он способен импортировать геологические модели пластов из всех известных систем такого рода. Пакет имеет совместимую с Автокадом графику, позволяет спланировать любой сценарий развития горных работ и оценить его экономические показатели. Запасы угля, их качество рассчитываются автоматически при указании границ развития горных работ.

XPAC Destination Scheduler – этот пакет предназначен для моделирования рудопотоков горного предприятия и создания на его основе оптимальных планов производства. Он учитывает все направления движения материалов: руды разных сортов, пустой породы, закладки и т.д. Также производится анализ всех видов транспорта. Определенные пользователем правила не позволяют программе выполнять непозволенные перемещения материала. За короткое время программа способна рассмотреть множество альтернатив распределения материальных потоков.

Что касается перевозки вскрышных пород, то пакет автоматически рассматривает возможности улучшения экономических параметров этой операции.

XERAS - Финансовое моделирование, расчет калькуляции себестоимости, экономические расчеты. Программа работает в среде Windows и легка в освоении. Она в отличие от распространенных аналогичных программ для Электронных Таблиц имеет более дружелюбный интерфейс и легкую передачу данных между пользователями. В программу включены множественные функции анализа риска и чувствительности финансовых моделей. Пакет также имеет 3 разновидности.

XERAS Financial Modelling – выполняет цикл операций, связанных с анализом финансовых потоков горной компании. Он рассматривает и анализирует финансовые результаты множества возможных стратегий развития бизнеса, оценивает эффективность всех видов производственных затрат. Одна из доступных функций – прогнозирование будущих затрат и поиск критических «точек» (операций) с завышенными затратами.

XERAS Advanced Budgeting – предназначен для обслуживания рабочих групп при создании операционных бюджетов и отчетов по их результатам. Пакет обеспечивает:

- обслуживание всех членов рабочих групп необходимой им информацией
- связь с выполняемым производственным планом и его целями
- вывод необходимой для создания всевозможных отчетов информации в наиболее подходящем виде
- детальное финансовое моделирование горных и обогатительных процессов, вспомогательных операций, административных действий и накладных расходов

XERAS Maintenance Forecasting – средство для создания бюджета для обслуживания горного и другого оборудования. Пакет по алгоритмам и характеру работы похож на рассмотренный выше Advanced Budgeting, но сконцентрирован только на нужды оборудования компании.

Пакет **TALPAC** создан для анализа и планирования работы погрузочно-транспортных комплексов горных предприятий. Он имеет широкое распространение по всему миру и позволяет пользователю определить стратегию погрузки и транспорта разных видов материала, выбрать наиболее подходящее оборудование и так спланировать его работу, чтобы получить максимальную прибыль.

5. Создание блочных моделей месторождений

Итак, первое, что нужно иметь горному инженеру для начала планирования, это – предельно достоверная блочная модель месторождения. Процесс создания такой модели с помощью системы Датамайн подробно описан в моей предыдущей книге [9]. Но, учитывая, что читатель может не иметь этой книги, а модель создавать надо, автор взял на себя смелость вкратце повторить описание основных этапов этой процедуры.

Первый этап создания модели – формирование базы данных геологической информации подробно описан в работе [9]. Мы опускаем также раздел статистической обработки исходных данных, но приводим здесь описание геостатистического исследования месторождения, поскольку эти сведения редко можно встретить в отечественной литературе.

5.1. Геостатистическое исследование месторождения.

5.1.1. Расчет экспериментальных вариограмм

Практически все современные компьютерные горные системы предлагают набор программ для расчета вариограмм, которые могут в одном запуске определить требуемые функции для всех содержащихся в исходном массиве параметров и их комбинаций в любом направлении в пространстве или для любого множества направлений. Кроме того, могут быть рассчитаны логарифмические функции, индикаторные вариограммы (используемые в индикаторном кригинге), кросс-вариограммы для статистически связанных параметров и т.д.

Для расчета вариограмм и кроссвариограмм в системе Датамайн используется процесс **VGRAM**. Он имеет следующие преимущества по сравнению с более ранними версиями.

- Можно одновременно рассчитывать вариограммы для 24 разных переменных, содержащихся в массиве опробования, или 24 индикаторные вариограммы для одной переменной.
- Автоматический расчет значений индикаторов на основе заданных бортов.
- Можно использовать ключевые поля, т.е. рассчитывать отдельные вариограммы для разных типов руд и пород, только для скважин и т.д. и т.п.
- Осуществляется оптимизация поиска проб в заданной окрестности для ускорения расчетов.
- Одновременно рассчитываются нормальная, относительная и логнормальная вариограммы, а также ковариационная функция.
- Одновременно рассчитываются функции для многих направлений.
- Координатная система может быть повернута для облегчения выбора нужных направлений.
- Для маленьких расстояний может быть использованы уменьшенные значения интервала расстояний.
- Могут быть использованы углы регуляризации, цилиндрический радиус и т.п.
- В выходном файле кроме самих функций для каждого поля приводятся величины среднего, логарифмического среднего, дисперсии и логарифмической дисперсии,

Способы задания направлений для расчета вариограмм

Обычный путь задания множества направлений – установить азимут (AZI) и вертикальный угол (DIP), а также размеры и количество приращений одного и другого углов. После этого будет произведен расчет вариограмм для каждой комбинации AZI и DIP. Например, если AZI и DIP установлены равными 0, горизонтальное приращение – 45, а вертикальное – 30, то программа рассчитает вариограммы для пар направлений: 0/0, 0/30, 0/60, 0/90, 45/0, 45/30, 315/90.

Хотя такой способ дает возможность расчета функций для множества разных направлений, но он не позволяет заранее ориентировать систему координат в направлениях главных осей анизотропии. Например, если главная структура массива имеет угол падения 25° в направлении с азимутом 35° , то будет полезным рассчитать вариограммы для плоскости падения. Это может быть сделано с помощью поворота системы координат на заданные углы вокруг определенных координатных осей. Можно выполнить до 3-х таких поворотов и развернуть систему практически в любое положение в пространстве, которое Вы наметили.

После поворота базовое направление для расчета вариограммы будет соответствовать новому положению оси Y. Если Вы зададите приращения AZI и DIP, то они будут отсчитываться от этого базового направления. Ориентация каждой вариограммы будет записываться в выходном файле в 2-х вариантах: в мировой и в повернутой системе координат.

Вариограммы рассчитываются для направлений, которые задаются шестью параметрами:

- **AZI** - азимут
- **DIP** - вертикальный угол, отсчитываемый от плоскости XY
- **HORINC** - шаг приращения угла по горизонтали
- **VERINC** - шаг приращения угла по вертикали
- **NUMHOR** - количество приращений по горизонтали
- **NUMVER** - количество приращений по вертикали

Если Вы задали $DIP = 90^{\circ}$, то это будет вертикальное (вниз) направление. В этом случае азимут задавать не надо, а в выходном файле он по умолчанию будет установлен равным 0. Параметры **HORANG** и **VERANG** задают углы регуляризации по горизонтали и вертикали, которые определяют вершинный угол пространственного конуса для данного AZI и DIP. В расчетах будут участвовать все пары проб, попадающих в этот конус (рис.3.12).

Кроме вариограмм по направлениям рассчитывается изотропная вариограмма для всех имеющихся пар проб. В этом расчете в учет берется только расстояние между пробами. В выходном файле для такой вариограммы AZI и DIP установлены равными «-».

Ключевые поля.

Если определено ключевое поле (**KEY** field), то вариограммы будут рассчитаны для каждого значения этого поля, имеющегося в файле проб. Сортировка файла по этому полю не обязательна. Имеется несколько разновидностей использования ключевых полей, которые выбираются параметром **KEYMETH**:

- 1 – расчет с использованием только проб, принадлежащих к данному значению ключевого поля
- 2 - расчет с использованием только проб, принадлежащих к различным значениям ключевого поля
- 3 – расчет обеих вариограмм

Интервал расстояния

В программе есть 3 параметра: **LAG** (интервал), **LAGTOL** (допуск) и **NLAGS** (число интервалов), которые определяют параметры расстояний между пробами. Кроме основных интервалов, для анализа функций на малых расстояниях устанавливается параметр **NSUBLAG**, который задает число уменьшенных дистанций, на которое будет разделен первый основной интервал. Допуск используется при выборе пар проб. Он должен иметь величину между 0 и половиной интервала. По умолчанию используется половина интервала. Если используются уменьшенные дистанции (параметр **NSUBLAG**), то для них допуск устанавливается равным **LAGTOL/NSUBLAG**.

Ограничивающий цилиндр

Кроме вертикального и горизонтального углов регуляризации пользователь может установить ограничение на поиск пар проб в виде пространственного цилиндра с радиусом **CYLRAD**. Его ось проходит по заданному направлению, в котором рассчитывается вариограмма. Этот цилиндр ограничивает выбор проб на больших расстояниях, когда конус углов регуляризации становится очень широким (рис. 5.1). При оценке значения вариограммы для основной пробы 1 будут учтены только пробы 3 и 4. Проба 2 выходит за пределы пирамиды, а проба 5 выходит из заданного цилиндра. По умолчанию это ограничение не используется, и **CYLRAD** = 0.

Поля содержаний (до 24) могут быть введены, как **F1**, **F2**, ... **F24**. Программа начинает работать, когда введено хотя бы одно поле (**F1**).

Если надо рассчитать **кроссвариограммы** для более чем 2-х указанных полей, то используется параметр **CROSSVAR**. К сожалению, использование ко-кригинга, в котором применяются кроссвариограммы, в системе Датамайн пока не предусмотрено

Выходной файл вариограмм.

Выходной файл результатов расчета содержит следующую информацию:

- **GRADE** - поле содержаний, первое – для кроссвариограмм
- **GRADE2** - второе поле содержаний для кроссвариограмм
- **CUTOFF** - борт для индикаторных вариограмм
- **KEY** - ключевое поле
- **KEYMETH** - используемый метод выбора проб в ключевых полях
- **LAYER** - номер пласта
- **AZI** - азимут в повернутой системе координат
- **DIP** - вертикальный угол в повернутой системе координат
- **WAZI** - азимут в не повернутой системе координат
- **WDIP** - вертикальный угол в не повернутой системе координат
- **LAG** - номер лага
- **AVE.DIST** - среднее расстояние интервала
- **NO.PAIRS** - число пар проб, используемых в расчетах
- **COVAR** - значение ковариационной функции
- **VGRAM** - значение вариограммы или кроссвариограммы
- **PWRVGRAM** - значение относительной вариограммы
- **LOGVGRAM** - значение логарифмической вариограммы
- **NSAMPLES** - количество проб, используемых в расчетах
- **AVGRADE** - среднее значение содержаний (или индикаторов) для первого поля

- AVGRADE2 - то же для второго поля (кроссвариограмма)
- VRGRADE - дисперсия (ковариация для кроссвариограммы) для поля содержаний
- AVLGRADE - среднее значение логарифмов содержаний (или индикаторов) для первого поля
- AVLGRAD2 - то же для второго поля (кроссвариограмма)
- VRLGRADE - дисперсия (ковариация для кроссвариограммы) для поля логарифмов содержаний
- ANGLEn - углы поворота системы координат (1-3)
- AXISn - оси, вокруг которых делается поворот (1-X, 2-Y, 3-Z)

Время расчета зависит от количества проб во входном файле. Это время можно уменьшить, задавая меньшее количество лагов, т.е. сократить максимальное расстояние между пробами.

5.1.1.1. Рекомендации по расчету экспериментальных вариограмм

Вариограммный анализ обычно начинается с расчета изотропной вариограммы, когда не учитываются какие-нибудь отдельные направления, а принимается во внимание только параметр h . Полученная функция не дает информации о вариограммах по направлениям, и может использоваться главным образом для уточнения параметров расстояний, чтобы наиболее правильно задавать их в расчетах функций по направлениям. Обычно на это уходит несколько попыток построения изотропной вариограммы.

Кроме того, на изотропной вариограмме яснее различимы структуры изменчивости массива, которые часто трудно различить на вариограммах по направлениям, т.к. они рассчитываются по значительно меньшему количеству пар проб. Если даже изотропная вариограмма не показывает четкой структуры, то в большинстве случаев безнадежно ожидать этого от детальных функций по направлениям, и следует вернуться к этапу анализа исходных данных.

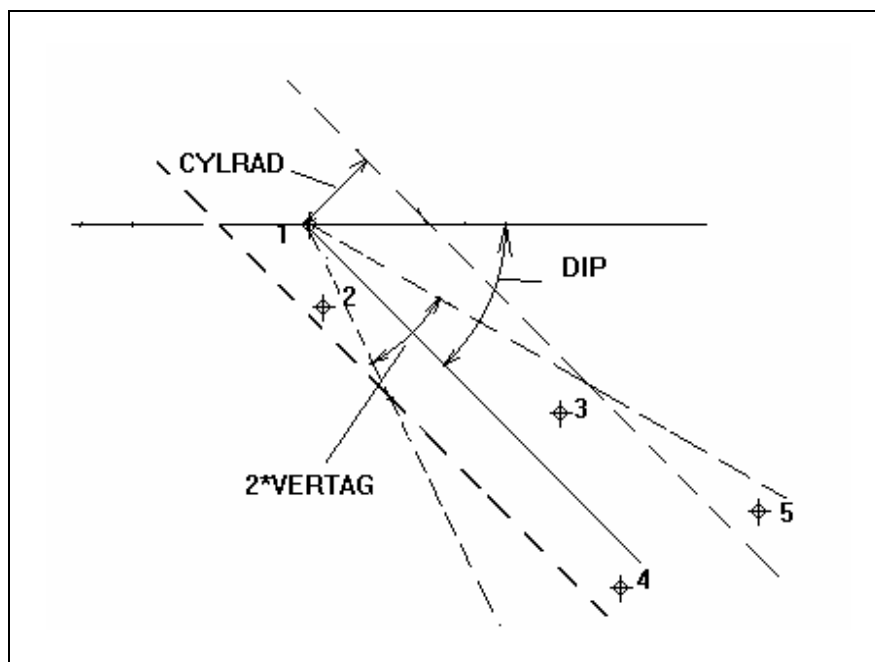


Рисунок 5.1. Пример, показывающий принцип выбора пар проб в программе VGRAM.

Многие месторождения далеки от стационарности, при которой математическое ожидание и дисперсия сохраняют для разных блоков и участков относительное постоянство. Следовательно, для большинства практических случаев характерно наличие пропорционального эффекта и квазилогнормального распределения.

Обычным выходом в этой ситуации является использование логарифмических вариограмм и, следовательно, - логнормального кригинга, который в ряде случаев дает некорректные результаты.

Альтернативой данному подходу (если установлено наличие пропорционального эффекта) является использование **относительных** вариограмм, которые позволяют учитывать при расчетах экспериментальных функций среднее значение используемых проб, или точнее "взвешивать" полученные оценки вариограммы по величине местного среднего значения проб.

После того, как получены "хорошие" изотропные вариограммы, можно приступать к анализу анизотропии исследуемого массива – его структурному анализу. В большинстве случаев исследователь, изучив геологические материалы по месторождению, имеет хотя бы самые общие представления о расположении главных осей его анизотропии. Нет особых трудностей, например, определить анизотропию жильного и осадочного (пластового) месторождения. Некоторые предположения также можно сделать, рассматривая поуступные карты изолиний показателей качества.

В горном компьютерном мире существуют программы, которые определяют основные оси анизотропии исследуемых массивов. Одна из таких программ - VISOR австралийской компании Сноуден (Snowden). Она рассчитывает для рассматриваемых участков массива круговые диаграммы, на которых можно идентифицировать направление основных структур залежи.

Можно выполнить такие расчеты и в системе Датамайн. Для этого сначала необходимо рассчитать секторные вариограммы в горизонтальной плоскости, например, через 10 градусов в пределах азимута: 0-180 градусов. Таким образом, будет оценено все пространство в горизонтальной плоскости. Затем нужно рассчитать координаты X и Y каждой точки вариограммы, после чего - построить блочную модель плоскости (1 слой блоков), по которой проинтерполировать значение вариограммы (нормальной, относительной или лог-нормальной). Полученная круговая картина позволит судить о направлении основной структуры массива в горизонтальной плоскости. Можно не создавать блочной модели, а просто создать чертеж изолиний значений вариограммы в горизонтальной плоскости (рис. 5.2). В последней версии Датамайн круговая диаграмма создается автоматически.

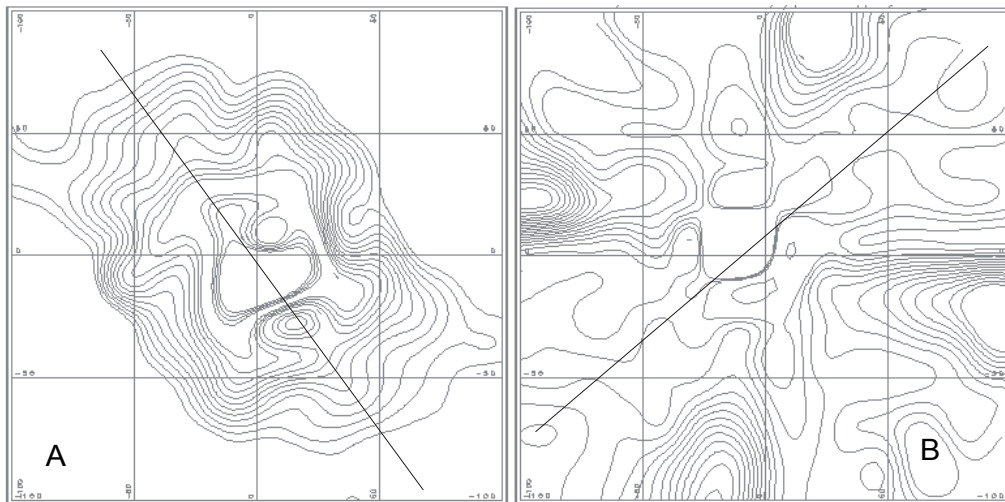


Рисунок 5.2. Пример круговой вариограммы для золоторудного месторождения. А – в горизонтальной плоскости, В – в вертикальной плоскости вдоль линии на левом чертеже. Линиями показаны направления главной структуры массива: $AZI=325^{\circ}$, $DIP=40^{\circ}$.

Далее необходимо измерить азимут направления, в котором изменчивость содержаний минимальна, развернуть систему координат параллельно ему и снова рассчитать множество вариограмм, но уже в вертикальной плоскости. На соответствующем чертеже можно определить

вертикальный угол падения основной структуры массива (рис. 5.2.). Теперь мы знаем, в каких направлениях следует рассчитывать основные вариограммы для данного содержания. Одно из них (падение) характеризуется полученными: азимутом (на горизонтальной плоскости) и вертикальным углом (в вертикальной плоскости). Второе и третье направления (простираение и вкрест простираения) будут размещаться перпендикулярно ему в вертикальной и наклонной плоскостях.

Если читатель не может предположить главных направлений анизотропии геологического тела, то следует попробовать рассчитать вариограммы для всей полусферы, разделив ее на пространственные пирамиды (конусы, сектора) с углом при вершине 20-40 градусов. После этого, рекомендуется поочередно рассматривать взаимно-перпендикулярные вариограммы для определения основных структур. Надо иметь в виду, что этот процесс носит интерактивный характер, и требуется обычно несколько попыток для получения удовлетворительных результатов.

Допуск лага по умолчанию составляет 1/2 от величины лага, т.е. в данном случае для выбора проб используется все возможное пространство. При регулярной сети проб и направлениях, параллельных сети, иногда целесообразно задавать меньшую величину этого параметра. При этом можно получить более ясную вариограмму, хотя часть пар проб не будет использована в расчете.

Правильный выбор величины лага позволяет часто получать более плавную функцию, рис. 5.3.

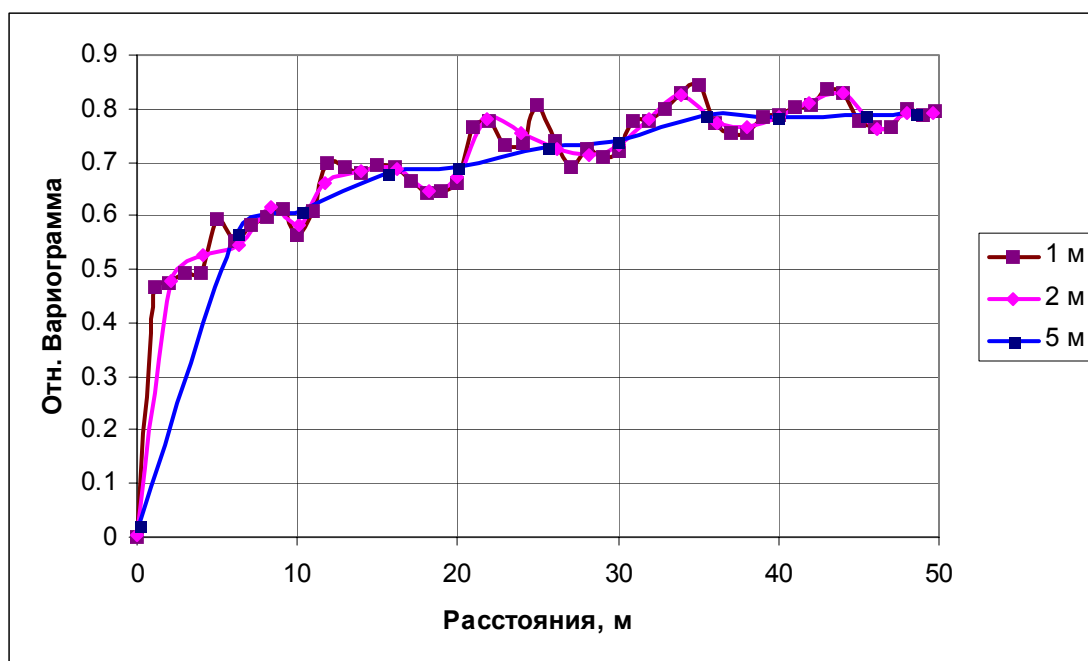


Рисунок 5.3. Влияние размера лага на характер изотропной вариограммы Ag для золоторудного месторождения

Каждая полученная вариограмма требует (по возможности) глубокого анализа и сопоставления с геологическими данными. Следует иметь в виду, что ПРЕДЕЛЬНОЕ РАССТОЯНИЕ, НА КОТОРОМ МОЖНО СЧИТАТЬ ВАРИОГРАММУ НАДЕЖНОЙ, НЕ ПРЕВЫШАЕТ ПОЛОВИНЫ МАКСИМАЛЬНОГО РАССТОЯНИЯ МЕЖДУ ПРОБАМИ В РАССМАТРИВАЕМОМ НАПРАВЛЕНИИ.

Существует два способа отображения вариограмм:

- стандартный способ, показанный выше, когда изображается величина **среднего** квадрата разности относительно расстояния, или
- в виде облака всех точек квадратов разностей относительно расстояний - «вариограммного облака».

Преимущество стандартного изображения функции заключается в синтезе всей информации для каждого класса расстояния в одну точку, но в этом случае теряются детали. Иногда эти детали могут помочь специалисту лучше понять поведение вариограмм и избавиться от явно нереальных ситуаций.

5.1.1.2. Исследование экспериментальных вариограмм

На практике, экспериментальные вариограммы часто имеют намного более эрратическую форму, чем примеры, представленные в книгах и журнальных статьях. Так как причины возможных проблем чрезвычайно многочисленны и разнообразны, то невозможно представить здесь их все.

Расчет нужного количества вариограмм при некотором навыке обычно затруднений не вызывает. Все трудности начинаются тогда, когда исследователь уже имеет набор функций для выбранных им направлений в пространстве.

Исследовательский этап обычно состоит из 2-х стадий. Сначала необходимо определить степень анизотропии массива, для чего полезно сопоставить на одном чертеже вариограммы для основных направлений анизотропии (Рис.5.4).

Как правило, эти вариограммы отличаются только величиной зоны влияния проб. Для точной оценки анизотропии важно установить направления, в которых Зона максимальная и минимальная, и согласовать эти выводы с геологическими данными.

На следующем шаге надо сопоставить результаты расчета вариограмм для одинаковых направлений, полученные по разным (несовместимым) наборам исходных данных, например данных кернового бурения разведочных скважин и результатов геофизического опробования буровзрывных скважин. Если хорошей "стыковки" этих вариограмм не получается, то причины следует искать в области геологии. Полезно перед таким сопоставлением привести обе вариограммы к точечному виду (см.ниже). Если в результате анализа данных по месторождению выявляется зависимость между средним значением того или иного геологического признака и его дисперсией, то это часто является признаком пропорционального эффекта, для устранения влияния которого на результаты требуется специальная корректировка вариограммной модели.

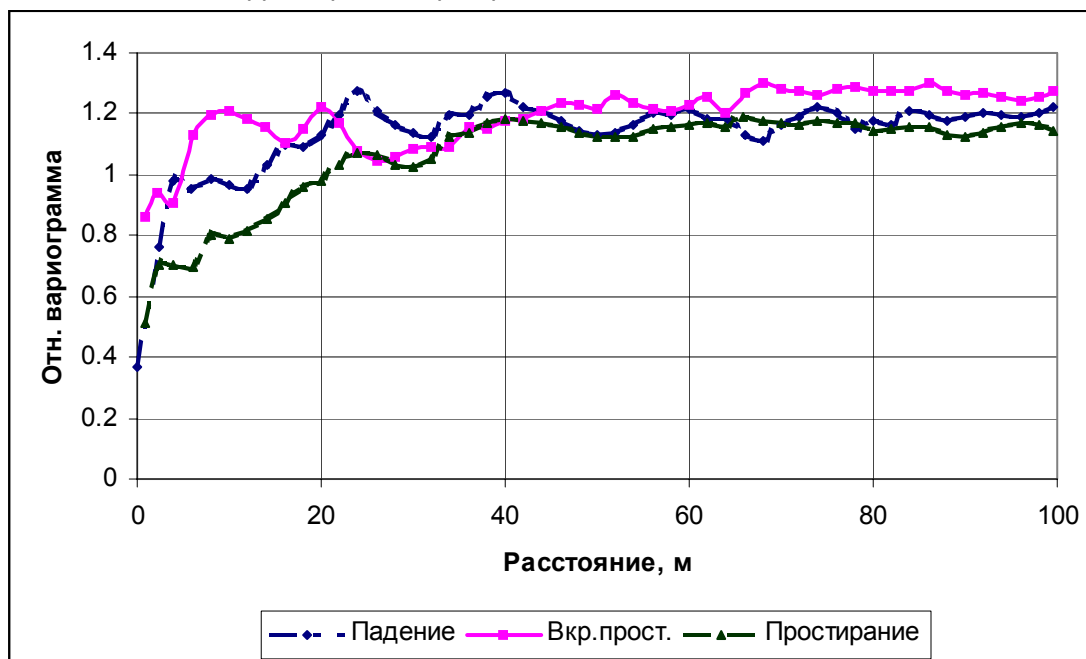


Рисунок 5.4. Вариограммы Zn для 3-х взаимно перпендикулярных направлений главных структур массива месторождения

Если вариограмма представляет собой **чистый эффект самородков**, т.е.- практически прямую линию без пологого участка, то применение геостатистики в данном случае бессмысленно,

т.к. между пробами отсутствует корреляционная связь. К определению этого эффекта при моделировании вариограмм следует подходить особенно осторожно, т.к. он больше чем другие параметры влияет на точность кригинга и других геостатистических методов.

При расчетах экспериментальных вариограмм присутствие в массиве данных даже одного выброса (ошибки данных или «ураганного» содержания) может привести к высоко эрратической вариограмме. Первым шагом в поиске причины должно быть построение гистограмм, на которых экстремальные значения обычно хорошо видны. После исключения этих проб из массива данных характер вариограммы, как правило, нормализуется.

5.1.2. Подбор моделей вариограмм

Экспериментальная вариограмма может быть непосредственно использована для решения геологоразведочных задач, однако, такое ее применение весьма ограничено условиями, для которых она действительна. Из-за дискретности геологических наблюдений рассчитанная реализация вариограммы соответствует только тому ограниченному набору исходных данных, который точно соответствует объему выборочной совокупности и взаимному расположению точек измерения геологической переменной в пространстве.

В практике решения геостатистических задач обычно необходима информация о значениях вариограммы для любых (в т.ч. - заранее неизвестных) расстояний между этими точками, независимо от того, соизмеримы они каким-либо образом с шагом разведочной сети (или опробования) или нет. По этой причине дискретная экспериментальная вариограмма должна быть аппроксимирована некоторой непрерывной функцией, которая может быть вычислена для любого необходимого значения аргумента.

Опыт подсказывает, что аналитическая форма модели не так важна, как ее главные свойства. Расположим их в порядке уменьшения важности (см. рис. 5.6):

- эффект самородка (нарушение непрерывности функции в начале),
- наклон линии в начале,
- зона влияния,
- порог,
- анизотропия.

Поведение в начале (эффект самородка и наклон) играет критическую роль в подборе модели вариограммы; оно также имеет огромное значение для результатов кригинга и стабильности его системы уравнений. Наклон можно оценить по первым трем - четырем значениям вариограммы; эффект самородка - экстраполяцией кривой в начало системы координат. Первое значение вариограммы для надежности вычисляется по возможно большему количеству пар точек. Бурение дополнительных скважин на небольших расстояниях может помочь получить лучшее значение эффекта самородка.

Зону влияния обычно можно оценить визуально. Порог характеризуется значением, где вариограмма стабилизируется (становится горизонтальной). Для стационарных переменных порог совпадает с общей дисперсией проб, но иногда это не верно, так как в исходных данных присутствуют тренды большой протяженности. Если присутствует более одной зоны влияния (несколько структур), то вспомогательные зоны можно различить визуально в местах, где вариограмма меняет кривизну. Моделирование анизотропии требует большего опыта. В общем, хорошую модель можно получить как сумму двух или трех единичных моделей. Использование большего числа моделей для суммирования повышает стоимость последующих вычислений, поэтому необходимо избегать этого. Подгонка обычно делается интерактивно с использованием какого-нибудь графического редактора.

5.1.2.1. Основные типы моделей вариограмм

Если мы хотим гарантировать, чтобы дисперсия любой линейной комбинации никогда не стала отрицательной, мы можем использовать в качестве моделей для вариограмм или ковариаций только определенные функции.

В геостатистике известно несколько функций, которые используются для аппроксимации экспериментальных вариограмм в качестве их моделей.

Наибольшее распространение на практике получили следующие виды функций.

Модель эффекта самородка соответствует чисто случайному явлению (белый шум) между некоррелированными значениями, независимо от расстояния между ними.

Сферическая, с помощью которой может быть описано большинство экспериментальных функций. Эта модель имеет линейное поведение в начале координат и порог (С), обычно равный дисперсии исследуемого массива проб. Возрастая, функция достигает порога на расстоянии $h = A$, а при $h > A$ остается равной С. Касательная, проведенная к этой функции от начала координат, пересекает линию порога на расстоянии $h = 2A/3$ от начала координат (Рис.5.5, 5.6).

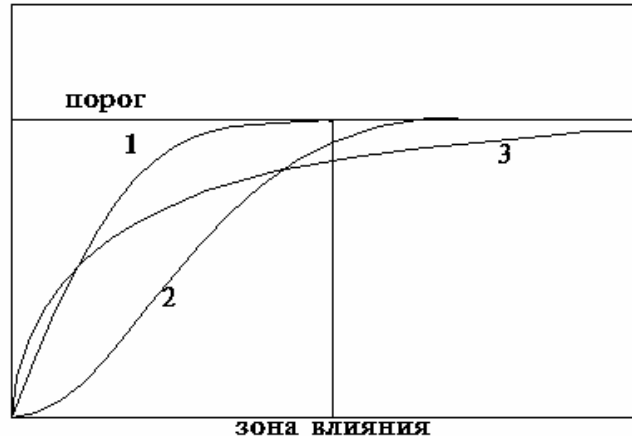


Рисунок 5.5. Пороговые модели вариограмм: 1- сферическая, 2- Гаусса, 3- экспоненциальная.

Экспоненциальная модель (Рис. 5.5) похожа на сферическую, но имеет более пологий характер и достигает порога на расстоянии $h = 3A$. Касательная к функции от начала координат пересекает порог при $h = A$.

Модель Гаусса (Рис.5.5) имеет параболическое поведение в начале координат и редко используется на практике (в основном для характеристики слабо изменчивых массивов с большим количеством проб). Порог здесь достигается только условно. Для малых расстояний иногда можно спутать параболическую часть этой функции с эффектом тренда.

Беспороговые модели чаще всего представлены **степенной**, **линейной** (при показателе степени равном 1) и **логарифмической** (Де-Вийса) функцией.

Если объем исходных данных и их размещение в пространстве позволяют анализировать изменчивость переменных только в пределах установленных интервалов влияния, то пороговые модели (такие, как сферическая) могут быть заменены линейной или логарифмической, что обеспечивает существенное снижение трудоемкости вычислений.

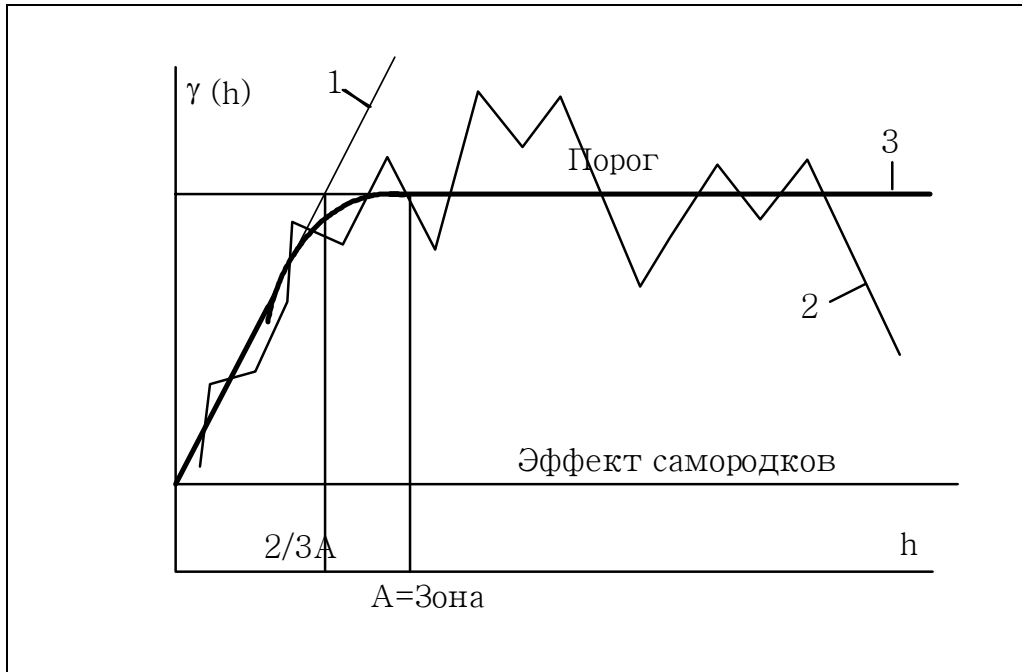


Рисунок 5.6. Визуальный подбор сферической модели

5.1.2.2. Подбор моделей к экспериментальным вариограммам

Подбор моделей может производиться как визуально (что на практике встречается чаще всего), так и различными компьютерными методами подгонки экспериментальных функций к стандартным моделям. Второй способ позволяет получать более точные оценки, однако имеет серьезные специальные ограничения, не позволяет эффективно использовать интуицию пользователя и, в некоторых случаях, приводит к получению нестандартных для геостатистики функций.

В большинстве случаев бывает достаточно визуальной подгонки моделей. Очень просто, например, вручную подобрать модель к сферической функции (аналогично - и к экспоненциальной), рис 5.6. Проводят касательную (1) к начальному участку экспериментальной функции (2) до встречи ее с горизонтальной линией уровня дисперсии (порога). Пересечение касательной с осью Y даст значение эффекта самородков, а пересечение с линией дисперсии - значение $2A/3$ (на оси X), по которому легко можно определить значение Зоны влияния A и построить окончательный вид функции.

Часто приходится иметь дело с несколькими структурами изменчивости (Обычно не более трех, рис.5.7), описываемыми различными моделями.

Для каждой структуры подбирается своя элементарная модель, из которых в итоге формируется полная модель исследуемого объекта.

В заключение надо отметить, что небольшие (в разумных пределах) колебания большинства параметров вариограммной модели мало влияют на результаты оценки (кригинга), т.е. визуальная подгонка моделей вполне допустима. Особо осторожно следует подходить лишь к оценке эффекта самородков (C_0), т.к. это самый чувствительный и влиятельный фактор модели, а также - к форме и наклону функции в начале координат.

В разных компьютерных системах, как правило, имеются специальные программы для визуальной интерактивной подгонки моделей к экспериментальным вариограммам.

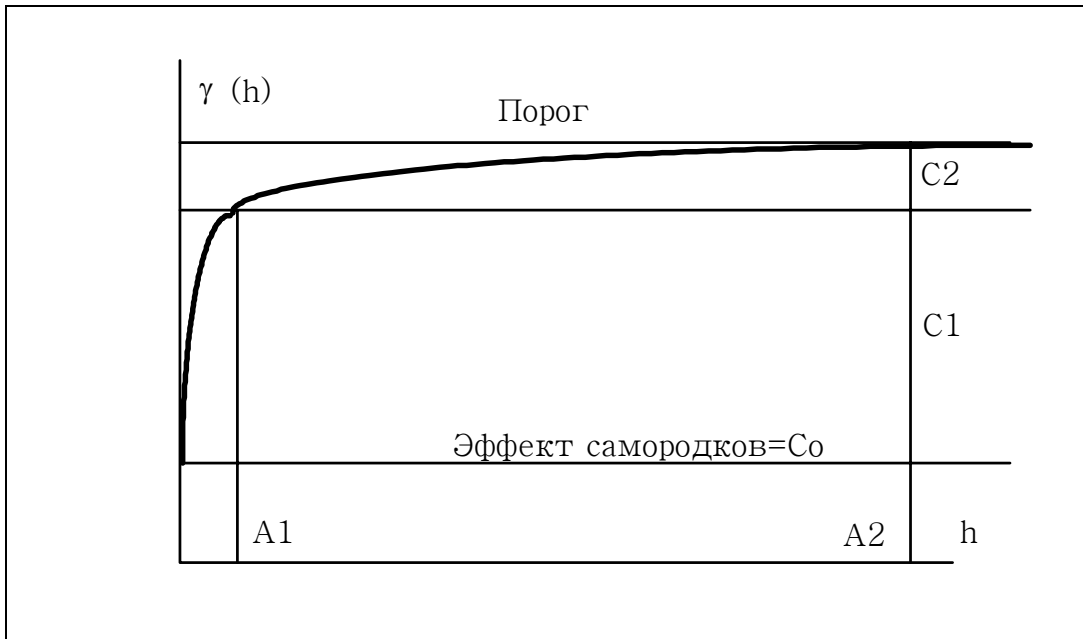


Рисунок 5.7. Пример двух структурной сферической модели вариограммы. A1 и C1 - параметры первой модели, A2 и C2 - параметры второй модели

При работе с этими программами одна или несколько экспериментальных вариограмм показываются на экране. Пользователь может выбрать из предлагаемых моделей наиболее подходящую, визуально подогнать ее к экспериментальному графику. Когда нужная модель выбрана, то она может быть сохранена в выходном файле или выведена на плоттер в виде чертежа, внизу которого содержатся все требуемые параметры модели (рис. 5.8). Такой процесс (VARFIT) имеется и в системе Датамайн. Он позволяет в полуавтоматическом или интерактивном режиме подобрать требуемую модель (в том числе и пространственную) для экспериментальных вариограмм. Доступные виды функций:

- Сферическая
- Гауссова
- Экспоненциальная
- Степенная
- Логарифмическая

Каждая модель может содержать до трех структур, а также быть одномерной или трехмерной.

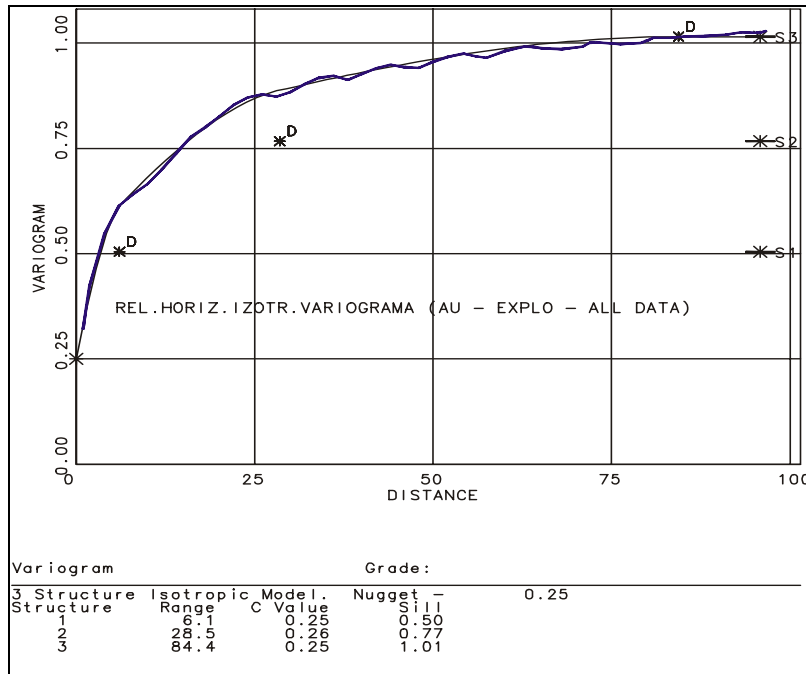


Рисунок 5.8. Пример подбора трехструктурной сферической вариограммы с помощью процесса VARFIT системы Датамайн.

модели

5.1.2.3. Пространственная модель вариограммы

После получения набора экспериментальных вариограмм для основных направлений анизотропии массива и приведения его в соответствие с реальной геологической картиной месторождения необходимо создать из этих составляющих единую 3-х мерную пространственную вариограммную модель. Эта модель будет участвовать во всех последующих геостатистических расчетах, и поэтому должна быть максимально корректна.

В общем случае модель месторождения может состоять из изотропных и анизотропных составляющих. Различают геометрическую и зональную анизотропию. Второй тип связан с наличием на месторождении особых структур изменчивости, каждая из которых в свою очередь может иметь свою геометрическую анизотропию.

Геометрическая анизотропия чаще всего используется на практике и предполагает, что вариограммная модель в разных направлениях имеет различные зоны влияния, но - одинаковый порог, и ее можно превратить в изотропную модель простым преобразованием координат.

В компьютерных системах и программах (в т.ч. и в Датамайн) чаще всего используется геометрическая анизотропия, а также следующие принципы описания пространственных вариограммных моделей.

Все параметры для каждой модели могут быть анизотропные, т.е. они могут иметь различные значения для различных направлений. В случае, когда анизотропия установлена, должны быть определены три взаимно перпендикулярных направления, соответствующих главным осям пространственного эллипсоида анизотропии. Длина осей эллипсоида в каждом направлении представляет собой значение зоны влияния (или другого параметра) в этом направлении. Предполагается, что главные оси анизотропии имеют те же направления для каждого параметра вариограммы, но коэффициенты анизотропии, определенные как отношения длин двух осей эллипсоида, могут быть различными для разных параметров.

Последовательность сопоставления используемой прямоугольной системы координат с осями пространственного эллипсоида анизотропии приведена ниже (Рис.5.9):

1. Сначала предположим, что оси эллипсоида А, В и С параллельны соответственно Х, Y и Z осям правосторонней системы координат.

2. Затем поворачиваем систему координат против часовой стрелки (если смотреть в положительном направлении оси Z) на угол P ($P = 0 - 90$ градусов) вокруг оси Z. Если поворачивать систему против часовой стрелки, то угол P будет отрицательный.

3. После этого поворачиваем систему координат на угол Q ($Q = 0 - 90$ градусов) против часовой стрелки (для положительного угла) вокруг "новой" оси X (или Y). Таким образом, только этими двумя поворотами (углы P и Q) можно задать практически любую ориентацию пространственного эллипсоида.

4. Если есть необходимость, то можно развернуть систему еще на один угол (G) против часовой стрелки (или по часовой стрелке – для отрицательного угла) вокруг "новой" оси Z.

Таким образом, можно совместить используемую нами систему координат с основными направлениями анизотропии массива, что необходимо для дальнейших геостатистических расчетов. Направления всех поворотов указаны верно, если смотреть в положительном направлении оси поворота.

Параметры вариограммы определяются для каждой оси эллипсоида: A, B и C. Чтобы вычислить значения параметра в D направлении, которое не параллельно ни одной из трех осей, уравнение эллипсоида решают вместе с уравнением прямой, проходящей через центр эллипсоида в направлении D.

Расстояние между центром эллипсоида и его поверхностью в данном направлении представляет собой требуемое значение параметра.

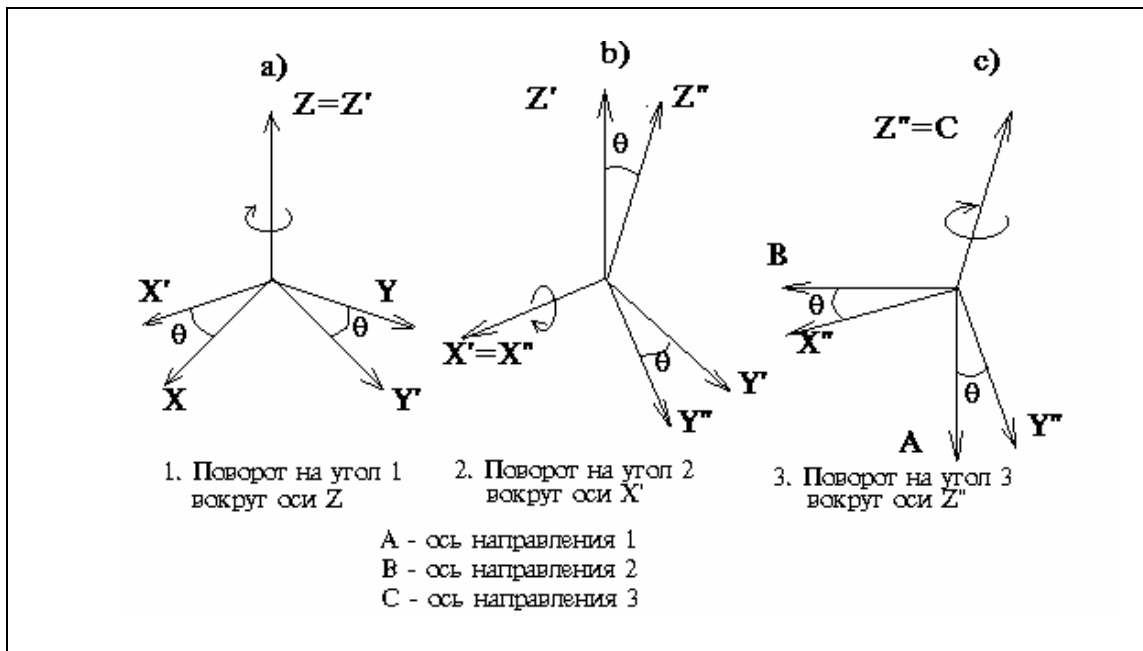


Рисунок 5.9. Поворот осей системы координат к эллипсоиду: a - угол P, b - угол Q, c - угол G.

Ниже приведен пример требуемого набора параметров пространственной вариограммной модели (2-х структурная сферическая модель) для расчета кригинга в системе Датамайн.

Требуется 18 параметров: (в каждой группе -3 параметра, соответственно для осей: A, B и C)

P 1-P3 - Эффект самородка (C_0) для осей A, B, C

P 4-P6 - Разница между порогом первой структуры вариограммы и C_0 - (C_1)

P 7-P9 - Зона влияния (A_1) для первой структуры

P10-P12 - Разница между порогом второй структуры вариограммы и (C_0+C_1) - (C_2)

P13-P15 - Зона влияния (A_2) для второй структуры

P16-P18 – Углы поворота системы координат: 1, 2, 3.

Подробнее о способах задания параметров вариограммных моделей для кригинга сказано в разделе 5.3.4.

5.2. Создание каркасных моделей месторождений

5.2.1. Оконтуривание рудных тел и зон минерализации

Обычная технология оценки запасов минерального сырья предусматривает создание блочных моделей рудных тел и/или месторождений, которые иногда могут быть построены без определения каких-то геологических границ (рудных тел, зон и т.п.) и распространяться на все пространство месторождения. Но в большинстве случаев все рудные тела, зоны, литологические типы пород, поверхности тектонических нарушений и т.д. предварительно оконтуриваются с помощью каркасных (триангуляционных) моделей поверхностей или замкнутых объемов.

Чаще всего замкнутыми объемами ограничивают рудные тела и зоны. Решение о том, что включить в состав каркасных моделей, принимает геолог, хорошо знающий данный объект. Обычный набор каркасов для модели:

- Рудные тела и/или зоны; части зон, разделенные тектоникой
- Специально выделяемые районы месторождения с высокими (или низкими) содержаниями
- Безрудные зоны внутри рудных тел
- Ограниченные в пространстве объемы литологических разностей пород и т.п.
- Подсчетные блоки руды с утвержденными ГКЗ запасами
- Подземные горные выработки

Для того, чтобы получить каркасную модель нужно предварительно создать некоторое множество замкнутых 2-х мерных или 3-х мерных периметров, а затем объединить их в каркас. Плоские периметры могут быть введены дигитайзером или сканером (с последующей векторизацией). Обычно таким образом с геологических планов и разрезов вводятся:

- контуры рудных тел, зон
- планы подземных горных выработок
- контуры подсчетных блоков и т.д.

Иногда геологам удобнее строить все перечисленные контуры интерактивно в Окне проектирования Датамайн. Это возможно, если предварительно в файлы опробования введена вся требуемая информация: содержания, литология и т.д. Кроме того, преимущество такой технологии заключается в возможности формировать 3-х мерные контуры с привязкой их к пробам или интервалам, имеющим требуемое качество или характеристику.

Эта работа выполняется в следующей последовательности.

1. Загружается файл проб, по которым предполагается производить оконтуривание.
2. Создается легенда, т.е. пробы на экране раскрашиваются в соответствии с заданными интервалами содержаний, типами руд и пород и т.п.
3. Выбираются линии сечений, на которых будет производиться оконтуривание. Сечения могут быть вертикальные, горизонтальные или наклонные. Чаще всего оконтуривание делается на вертикальных сечениях.
4. С помощью курсора мыши создаются контуры, включающие руду (породу) с требуемыми свойствами. При этом левая кнопка мыши создает точку на плоскости изображения, а правая – на ближайшей границе ближайшей пробы.

На рис. 5.10. показаны 3-х мерные контуры рудного тела, созданные интерактивно на вертикальном разрезе. На плоскость сечения спроецированы все пробы, попадающие в слой +/- 10 м от нее. По скважинным пробам (с привязкой к ним) оконтурены 2 богатые зоны и вокруг них – зона с бедным содержанием. При создании контура бедных руд использовано композирование.

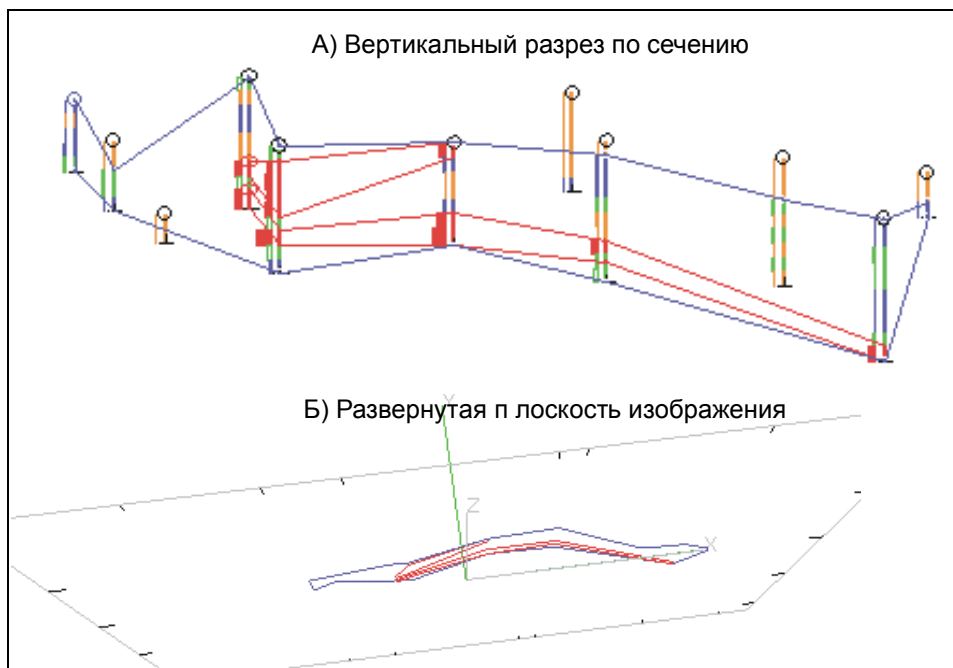


Рисунок 5.10. Создание 3-х мерных контуров на вертикальном разрезе.

С помощью редактора данных опробования (Drill hole Editor) Датамайн производилось объединение смежных проб. Если содержание в этом объединенном интервале не снижалось ниже «борта», то такой интервал включался в контур.

В нижней части рисунка созданные контура были развернуты Визуализером, чтобы продемонстрировать их трехмерность.

Таким образом, создается множество наборов замкнутых контуров (соответствующих различным пространственным объемам, которые по мнению геолога должны быть учтены в модели месторождения).

Замечание. Перед началом оконтуривания рудных зон на планах или разрезах очень полезно согласовать принципы этой работы с ведущим геологом по данному месторождению (главным геологом). Например, должны быть получены ответы на следующие вопросы:

- Какие рудные пересечения (полные или частичные) должны включаться в пределы контуров?
- Надо ли включать в контуры бороздовые пробы, если, например, они не будут участвовать в интерполяции содержаний и подсчете запасов.

Принципы выклинивания рудных тел:

- Выклинивание не производится
- Выклинивание делается на половине расстояния между сечениями
- Выклинивание делается на половине расстояния между последней значимой и незначимой пробами
- Выклинивание делается на литологической границе
- Выклинивание делается другим способом.

5.2.2. Создание каркасных моделей пространственных объектов

Создание замкнутых каркасов пространственных объемов – одна из самых сложных операций в процессе моделирования. На первый взгляд все просто: смежные контуры соединяются линиями связи (tag strings) в точках, которые должны быть соединены в процессе триангулирования, а затем эти периметры соединяются в каркас (рис. 5.11). На заключительной стадии каркас замыкается специальными поверхностями, создаваемыми на конечных контурах.

Но в некоторых случаях эта операция усложняется из-за:

- Замысловатой формы смежных контуров, их расхождения и схождения
- Необходимости произвести выклинивание рудных тел на границах.
- Требуемой корректировки каркаса по результатам проверки включения в него всех кондиционных проб
- Нежелания программы соединять контуры, так как хочет этого пользователь
- Некоторых других причин

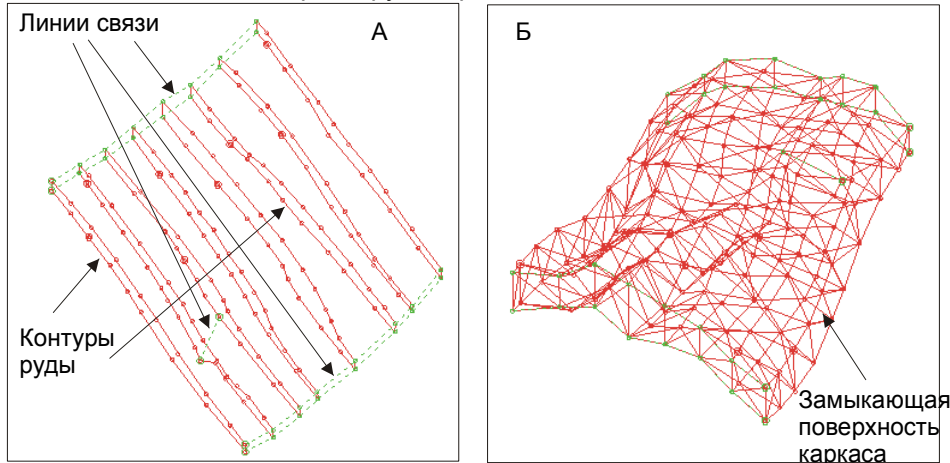


Рисунок 5.11. Стадии процесса создания каркаса: А) связывание контуров, Б) триангуляция и замыкание каркаса.

Часто возникает необходимость создавать каркасы подземных выработок для последующего их «вырезания» из рудных моделей. Обычная технология их создания описана в разделе (модуле) проектирования подземных рудников и заключается в следующем.

1. Дигитайзером вводятся горизонтальные контуры системы подземных выработок по каждому горизонту
2. Эти контуры совмещаются с маркшейдерскими точками (по координате Z), чтобы учесть уклон и истинное положение контура в подошве выработок.
3. Задается высота выработок и по каждой выработке (с помощью команд модуля подземного проектирования) создается замкнутая каркасная модель

Естественно, что эту операцию можно выполнить средствами обычного каркасного моделирования. Для этого потребуются копировать контур выработки на расстояние равное ее высоте, и по 2-м полученным контурам строить замкнутый каркас.

5.2.2.1. Соединение контуров сложной формы

На рис.5.12 показан простой случай «разветвления» рудных тел. В первую очередь, в общем контуре создается так называемая «перемычка» (bridge string), которая намечает место расхождения частей рудного тела. Она может быть как простой (прямой отрезок), так и сложной 3-х мерной линией, обязательно привязанной (привязывание делается правой кнопкой мыши) к 2-м точкам контура рудного тела. После этого для соединения контуров используется специальная команда «Link boundary», которая работает только в том случае, если в одном или обоих соединяемых контурах имеются линии перемычек.

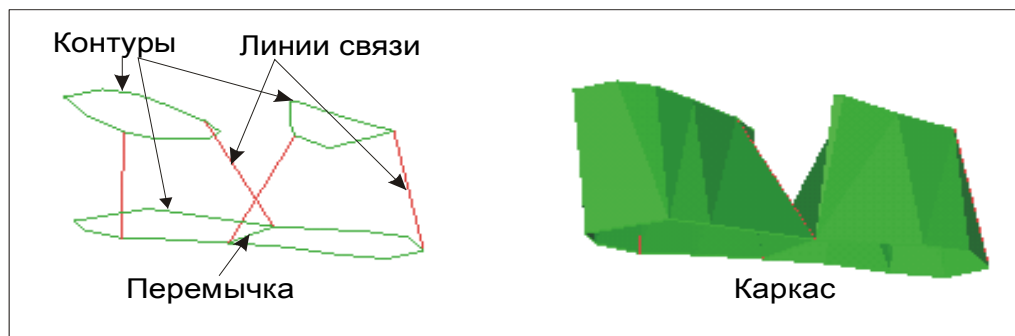


Рисунок 5.12. Моделирование разветвления каркаса.

Схождение нескольких частей рудных тел в одно производится точно также, но в обратном порядке (Рис.5.13)

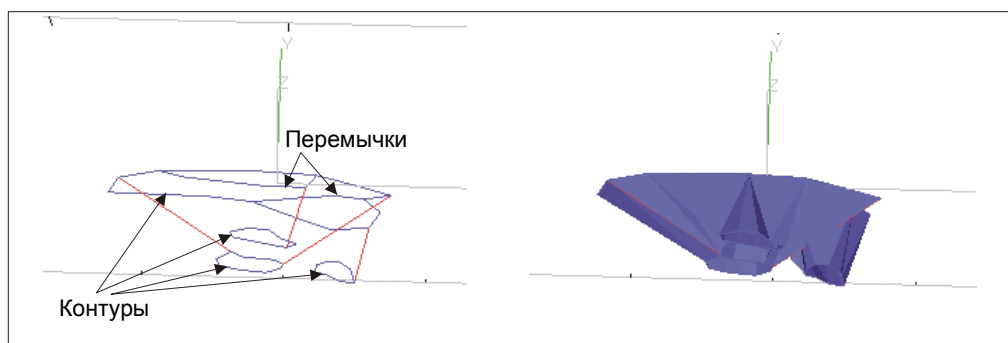


Рисунок 5.13. Моделирование схождения каркаса

Когда не требуется дальнейшего продолжения одной из частей рудного тела, то оно может быть замкнуто каркасной плоскостью по одной из частей каркаса, ограниченной перемычкой. Для этого используется команда «End link boundary»

5.2.2.2. Создание выклиниваний рудных тел

Каркасы могут быть замкнуты непосредственно созданием соответствующих поверхностей в конечных контурах. Однако, в геологии принято выклинивать рудные тела до половины расстояния между соседними профилями. Выклинивать можно как отдельные контура, так и их части, разделенные перемычками. Можно ограничить каркас как линией, так и контуром, который впоследствии просто замыкается. На рис. 5.14 показан первый случай, в котором используется команда «Link to Line».

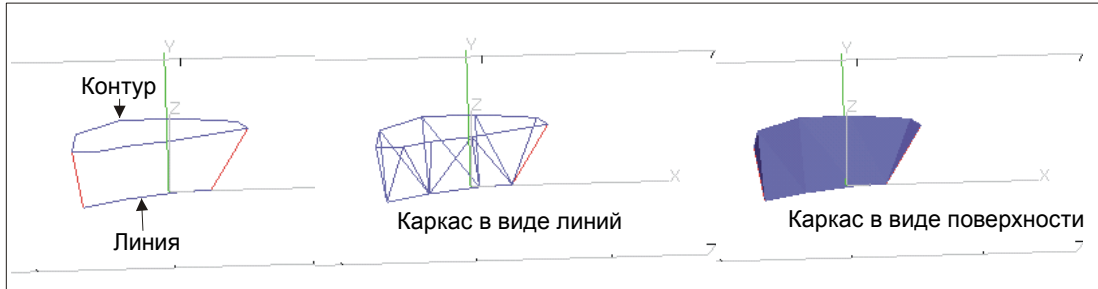


Рисунок 5.14. Выклинивание рудного тела в линию

5.2.2.3. Проверка вхождения кондиционных проб в каркас

Интерполяция содержаний по блочной модели (см. раздел 5.3.4) производится только с участием тех проб, которые находятся внутри созданного каркаса рудной зоны, тела и т.п. Поэтому очень важно своевременно с помощью визуализера контролировать процесс создания каркаса, т.е. проверять, насколько полно вошли в него кондиционные пробы, которые были включены в рудные контуры при их создании. Часто это происходит при работе с плоскими контурами, которые строятся по пробам, спроецированным на рабочую плоскость сечения (рис.5.15).

Особенно внимательным следует быть при включении в каркас бороздовых проб поверхности, которые часто по той или иной причине «вылетают» из рудного тела при «обрезке» его модели моделью топографии поверхности.

Когда модель ограничивают средней отметкой подземного горизонта, то из нее «убираются» кондиционные пробы, фактически расположенные чуть ниже (или выше) этой отметки.

Чтобы включить выпавшие пробы в модель, необходимо или создать промежуточные, дополнительные сечения, или несколько раздвинуть существующие контуры, чтобы новый вариант каркаса включал в себя все пробы.

Для того, чтобы гарантированно вместить в каркас пробы поверхности часто идут по пути завышения отметок каркаса в его верхней части. Это позволяет с некоторым запасом включить в него все бороздовые пробы траншей и канав, чтобы они участвовали в интерполяции. Блочная модель не нуждается в такой псевдокорректировке, поэтому она будет точно соответствовать рельефу поверхности. Если потребуются, каркас рудного тела также может быть в дальнейшем «обрезан» моделью топографии.

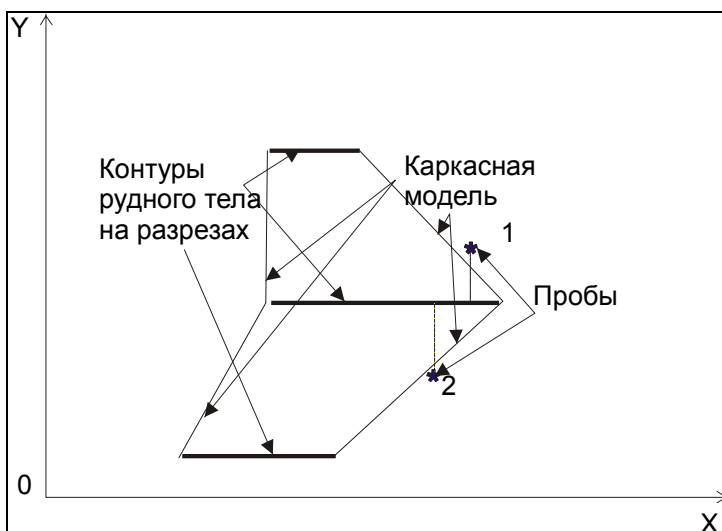


Рисунок 5.15. Схема, объясняющая исключение проб 1 и 2 из каркасной модели при создании плоских контуров.

Что касается бороздовых проб подземных выработок, то здесь надо просто быть внимательным при установлении границ каркасов, и контролировать этот процесс с помощью визуализера.

5.2.2.4. Проверка каркасов и исправление ошибок

После создания и замыкания каркаса необходимо проверить его корректность. Для этого можно использовать команду «Calculate Wireframe Volume» (Рассчитать объем каркаса). Если программа это сделает, то Ваш каркас достаточно надежен. Если нет, то Вы получите сообщение о необходимости произвести проверку каркаса.

Для проверки каркасов используется команда «wireframe-verify». С помощью установок могут быть открыты следующие опции такой проверки:

- Показ открытых (незамкнутых) ребер, т.е. мест, где каркас обрывается.
- Показ соприкасающихся ребер разных каркасов.
- Показ пересечений каркасов
- Перенумерация каркасов в группе. Для использования этой опции с целью объединения нескольких каркасов в одну группу необходима предварительная выборка нужных объектов с помощью фильтров.
- Проверка каркасов на наличие дублирующих точек и удаление их. Дублирующими считаются точки, расстояние между которыми меньше или равно расстоянию, установленному командой «set-tolerance»

По желанию пользователя все места с ошибками будут обозначены линиями, показываемыми на экране. По этим линиям можно найти место и характер ошибки, а, следовательно, быстро исправить этот участок каркаса, произведя сначала удаление ошибочного соединения, а затем, изменив условия, - новое соединение контуров.

Хорошей проверкой является рассматривание на экране срезов всех созданных каркасов, перемещаясь последовательно от одного края модели к другому с шагом 5-10 м. Это делается отключением изображения каркасов (переключатель «twd») и включением изображения их сечений плоскостью изображения (переключатель «twsl»). Желательно просматривать так каркасы не менее чем в 2-х перпендикулярных направлениях. Эта проверка позволяет обнаруживать места незамкнутых и пересекающихся каркасов и достаточно быстро исправлять ошибки.

5.2.3. Каркасные модели поверхностей.

Кроме замкнутых пространственных объектов система Датамайн позволяет строить каркасы разнообразных поверхностей, которые нужны для моделирования топографии, литологии, гидрогеологии, тектонических нарушений и т.д.

Для создания каркаса поверхности необходим набор 3-х мерных точек или линий (изолиний). Каждая поверхность может иметь внешнюю и внутренние границы, которые могут включаться в каркас или просто использоваться для ограничения распространения операции триангуляции за их пределы. Пример создания простой поверхности показан на рис. 5.16.

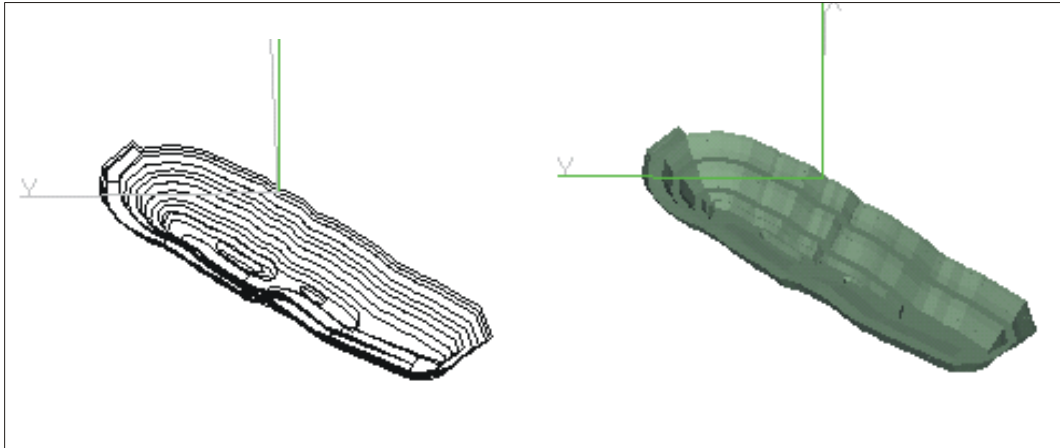


Рисунок 5.16. Пример создания поверхности карьера

При моделировании топографии (как правило, по введенным дигитайзером изолиниям координаты Z) необходимо достаточно точно определить внешнюю границу модели. Если возможно, то следует привязывать ее к конечным точкам изолиний, а затем включать в модель. Можно в некоторых случаях не вводить эту границу, но надо устанавливать максимальное расстояние, при котором точки соединяются в модель (команда «maximum-separation»). В противном случае все граничные точки изолиний будут соединены даже в районах, где не было топографической съемки.

Проверка созданных моделей заключается в пошаговом просмотре сечений модели или путем оценки качества модели в окне визуализера. Можно также использовать для этого команду «wireframe-verify».

Чтобы экстраполировать модель поверхности на заданное расстояние (с использованием тренда) во все стороны, используется процесс **WFTREND**. Иногда это бывает полезно при необходимости несколько увеличить площадь модели тектонической зоны, карьера или пласта до пересечения с моделью топографии.

5.3. Блочное моделирование месторождений

5.3.1. Структура блочных моделей

Цель моделирования рудного тела заключается в точном представлении не только качества и запасов месторождения, но также его границ и внутренней структуры. Эта цель достигается применением для создания модели различных методов интерполяции.

Система Датамайн способна моделировать все типы залежей полезных ископаемых и представляет собой мощный набор инструментов для решения широкого круга задач, связанных с моделированием. В ней используется несколько типов встроенных интерполяционных процессов, включающих: метод обратных расстояний, ближайших скважин (или многоугольников), линейный и логнормальный кригинг, а также интерполяцию поверхностей для пластовых и топографических моделей.

Любой тип модели описывает регион в трехмерном пространстве. Модель обычно представляет собой совокупность зон, рудных тел, подсчетных блоков и т.д. и т.п. которые рассматриваются, интерполируются и оцениваются отдельно. Таким образом, определение структуры модели и ее составляющих - отдельная проблема, которую необходимо решить перед выбором метода интерполяции. Критерий для определения размеров и расположения отдельных частей (субрегионов) модели связан не только с геостатистическими свойствами массива, но также с пространственным расположением скважин, горным давлением, геологией, топографией и другими характеристиками объекта

Простейший тип трехмерной модели месторождения - это прямоугольная пространственная решетка, где каждая ячейка имеет одинаковую ориентацию и содержит единственную характеристику для каждой переменной. Это наиболее общий тип модели, используемый в большинстве горных систем, потому что его структура наиболее удобна для

эффективного применения в компьютерных расчетах. Поэтому в Датамайн используется именно этот тип модели. На рис. 5.17 показан один уровень (горизонтальный слой) такой модели.

Для того, чтобы добиться точного описания геологических границ, включающих такие особенности, как дайки, сбросы и, конечно, - топографию, все ячейки модели должны быть достаточно малы. Поэтому в ДАТАМАЙН (в отличие от большинства других систем) используется модель с подъячейками, которые получаются делением основных блоков (ячеек) модели на маленькие пространственные объемы, каждый из которых содержит полный набор информации, как и основная (родительская) ячейка (рис.5.17). DATAMINE. предусматривает деление ячеек на подъячейки и по вертикали, и по горизонтали.

Структура модели внутри DATAMINE является файлом базы данных (таблицей, матрицей), подобным другим файлам системы. Это позволяет использовать для манипуляций с моделью любые фильтры и критерии.

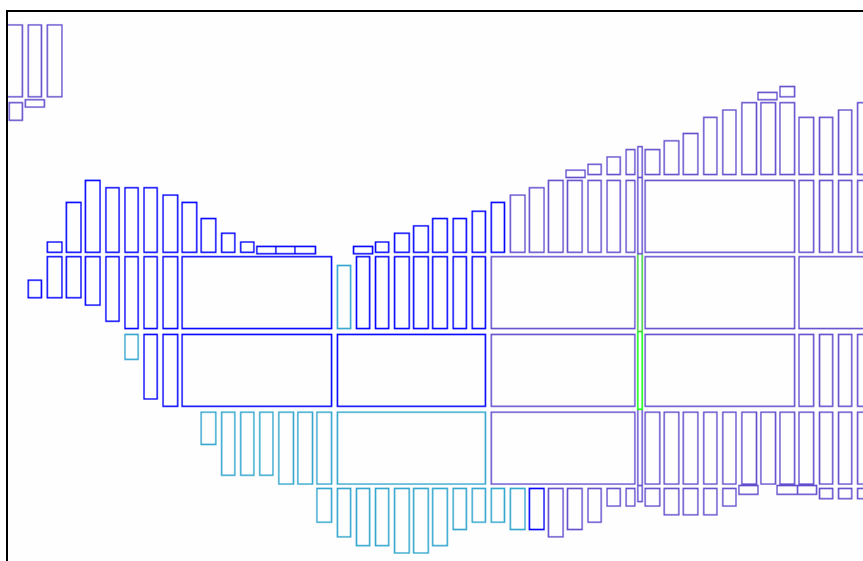


Рисунок 5.17. Один слой блочной модели Датамайн

Может быть задано нужное количество подъячеек внутри любой ячейки в модели. Хотя все подъячейки имеют форму параллелепипеда, каждая из них может отличаться от любой другой, а каждая ячейка может иметь различный набор подъячеек. Это позволяет модели иметь произвольную комплексную форму (если это необходимо) для того, чтобы с максимальной точностью описать геологические границы. Таким образом, внутри одной и той же структуры может быть создан практически любой тип модели: от пласта до жильной залежи и, наконец, - модель массивного месторождения. Здесь нет ограничения в детализации, так как в процессе моделирования одна и та же ячейка может быть разделена на подъячейки любым возможным способом.

При этом компьютерная память минимизируется за счет того, что информация сохраняется только для ячеек внутри рудного тела (хотя конечно можно моделировать и участки пустых пород, если необходимо), а также потому, что на однородных участках создаются большие ячейки, если по геологическим соображениям отсутствует необходимость деления их на субъячейки.

Этот метод моделирования имеет много важных преимуществ:

- Так как все типы блочных моделей представлены в Датамайн одинаковой структурой, то можно комбинировать (объединять) внутри нее различные модели (например, литологии и рудных тел). Одно из практических приложений этого – обособленное моделирование каждой составляющей структуры, которая может характеризоваться специфичной формой, размерами, параметрами и характеристиками. Полученные модели можно затем объединить, используя процесс **ADDMOD**, который позволяет создать общую модель, содержащую все детали составляющих.

- Другой важный аспект комбинирования моделей связан с перезаписыванием информации в ячейках первой объединяемой модели значениями, содержащимися в тех же полях второй модели. Это очень полезно, например, при наложении моделей даек на модели рудных тел, при обновлении модели полученной новой информацией и т.д.
- Блочная модель может быть обрезана любым каркасом, т.е. Вы можете легко выбрать и сохранить ту часть блоков, которые находятся над/под/внутри/снаружи каркаса или каркасов.
- Модели могут быть объединены только в том случае, если они имеют одинаковый прототип, т.е. – одни и те же границы и размеры основных ячеек.

5.3.2. Прототип блочной модели

Прежде чем Вы создадите модель, Вы должны определить ее прототип (процесс **PROTOM**), т.е. задать прямоугольное пространство модели и размер основных блоков. Параллелепипед модели (рис. 5.18) ориентирован строго вдоль координатных осей X,Y,Z используемой Вами системы координат. Кроме того, необходимо указать, будут ли в дальнейшем блоки модели делиться на подъячейки, а также понадобится ли Вам в будущем поле MINED – для использования модели в процессах планировании горных работ. Рекомендуется на 2 последних вопроса ответить YES.

Границы модели задаются 2-мя параметрами (рис. 5.18):

Координатами X,Y,Z начала модели (левый нижний угол пространственного параллелепипеда)

Количеством основных ячеек вдоль каждой оси координат

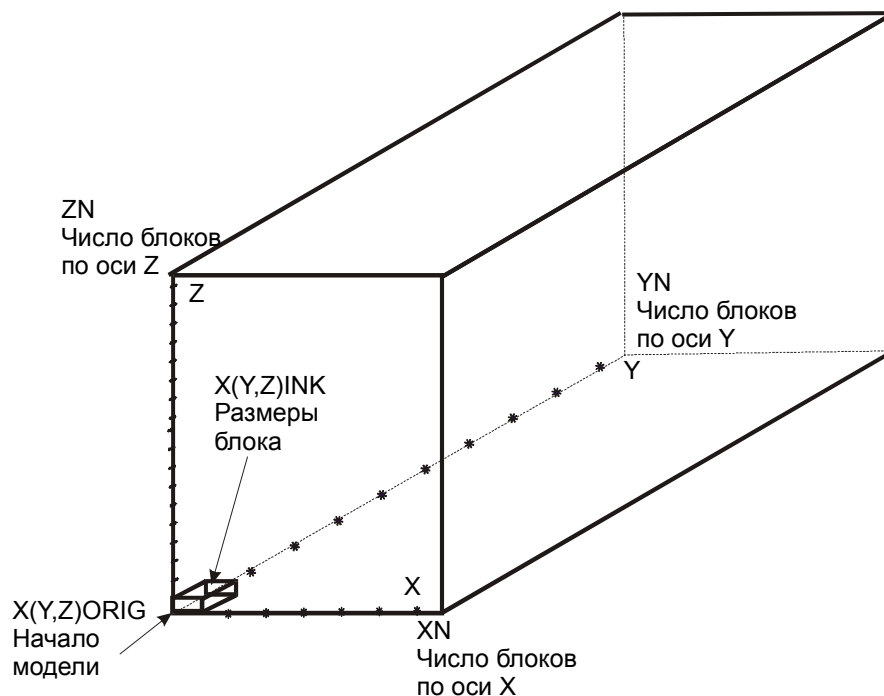


Рисунок 5.18. Схема, поясняющая процесс создания прототипа блочной модели

При задании границ пространственного параллелепипеда необходимо учитывать следующее:

- Если в будущем предполагается объединение нескольких отдельно создаваемых моделей, то все они должны иметь один и тот же прототип. Таким образом, он должен подходить и к самой маленькой, и к самой большой (модель литологии) составляющей модели.
- Если месторождение предполагается отрабатывать карьером, то прототип должен быть рассчитан так, чтобы он полностью вмещал самый большой возможный карьер.
- Если ведется доразведка залежи на глубину или по площади, то желательно зарезервировать пространство в составляемой сейчас модели для возможных будущих рудных тел или зон.

Расширяя пространство модели, не следует бояться ее большого объема, т.к. в памяти компьютера хранится только информация о действительных ячейках – блоках, содержащих какие-то данные. Зарезервированное пространство не будет занимать место в памяти до тех пор, пока оно не будет заполнено ячейками с появившейся новой информацией.

Размер основного блока – очень важная деталь прототипа. Прежде чем Вы выберете его, подумайте о следующих моментах:

Форма блока должна соответствовать структуре моделируемого объекта и характеру его анизотропии. Если эллипсоид анизотропии развернут относительно системы координат, то иногда ПОЛЕЗНО перед моделированием развернуть систему координат в соответствии с анизотропией (см. раздел 5.3.3.5), а все дальнейшие работы вести в новой системе.

Размеры блока должны быть связаны с размерами разведочной сети. В геостатистике есть аксиома, что для получения несмещенной оценки кригинга (геостатистический метод интерполяции) размер оцениваемых основных блоков не должен быть меньше половины среднего расстояния между пробами в данном направлении. Чем меньше будет размер блока, тем большее смещение средней оценки мы должны ожидать. КСТАТИ, это относится и к интерполяции методом обратных расстояний. Несмотря на это, многие эксперты принимают минимальный размер основных блоков модели, равный 25 –30% от среднего размера разведочной сети.

5.3.3. Заполнение каркасов ячейками

Существует несколько способов создания блочных моделей. Первый из них не требует предварительного конструирования каких-либо каркасов и имеет 2 разновидности.

1. Пространство, заявленное прототипом, полностью заполняется ячейками. По ним проводится интерполяция требуемых показателей и параметров, а затем на эту модель накладывается созданная модель «воздуха», в блоках которой содержится координата Z топографии поверхности.

2. По каждому из слоев блочной модели (вертикальному или горизонтальному) производится (по данным опробования) интерактивное оконтуривание нужных зон с помощью замкнутых периметров. Затем процессом **PERFIL** производится заполнение этих периметров блоками в соответствии с указанным прототипом. Одновременно при необходимости создаются подъячейки, и модель оптимизируется с целью сокращения ее размера. Каждому полученному объему присваивается идентификатор зоны для последующего использования фильтров или критериев выборки. После заполнения всех периметров блоками производится интерполяция по ним показателей качества и других параметров.

Однако, самый распространенный метод создания блочных моделей – заполнение каркасов ячейками. Существуют следующие основные разновидности блочных моделей:

- Модель рудных тел и зон минерализации
- Модель литологии

Иногда удобно работать только с первой моделью, например, для подсчета запасов руды, а время от времени нужна совмещенная модель, например, для оптимизации и проектирования карьера или подземного рудника.

5.3.3.1. Модель рудных тел

Эта модель создается заполнением ячейками и подъячейками замкнутых (как правило) каркасов минерализованных зон, по которым предполагается проводить интерполяцию содержаний полезных компонентов. Эта операция в Датамайн выполняется процессами **WIREFILL** или **TRIFIL**. Первый процесс более универсальный и позволяет некоторые дополнительные операции. Для запуска этого процесса Вы должны ввести следующие исходные данные:

1. **Файлы:**

- Прототип модели. Это может быть как специальный файл (см. 5.3.2), так и любой файл модели, из которого будут использованы только нужные поля
- Два файла (точек и треугольников) каркасной модели
- Имя файла выходной блочной модели

2. **Поля:**

- Поле, которое существует в файле треугольников каркаса/каркасов и определяет зональный контроль. Значения этого поля (номера рудных тел, зон и т.д.) будут перенесены в файл блочной модели.

3. **Параметры:**

- **ZCODE** - если поле зонального контроля в каркасах не существует, то можно ввести номер зоны блочной модели с помощью этого параметра.
- **WIRETYPE** - способ заполнения каркаса ячейками:

1: замкнутый каркас – создать ячейки внутри.

2: поверхность - создать ячейки ниже.

3: поверхность - создать ячейки выше.

4: поверхность - создать ячейки с севера

5: поверхность - создать ячейки с юга.

6: поверхность - создать ячейки с запада.

7: поверхность - создать ячейки с востока

- **CELLX(Y,Z)MIN** - минимальный размер подъячеек в направлениях **X,Y,Z**. Если в одном из этих направлений установлено значение 0, то здесь будет использовано заполнение, характерное для пластов, когда для него границами ячейки будут являться границы каркасной модели, а разбиения ячеек на подъячейки производиться не будет. Только одно из направлений может иметь значение этого параметра =0.

- **CELLX(Y,Z)MAX** – размер основной ячейки модели в направлениях **X,Y,Z**. Этот параметр можно не устанавливать, если имеется входной файл – прототип модели.

Установка минимального размера подъячейки связана с размерами и формой рудных тел. Если они очень узкие или сильно изменчивые по мощности, то этот размер должен быть уменьшен в направлении вкрест простирания. И наоборот, в направлениях с малой изменчивостью не следует сильно занижать этот параметр.

После того, как процесс отработал, и модель создана, рекомендуется тщательно проверить, как она заполнила «родной» каркас. Для этого надо вызвать эту модель и соответствующий каркас/каркасы в окне проектирования и (отключив показ каркаса и включив показ его сечения плоскостью изображения) просмотреть их, двигаясь небольшими шагами в направлении наибольшей протяженности рудной зоны. Каркас должен быть полностью заполнен блоками. Если

это не так, то следует найти причину такого события и, устранив ее, снова запустить процесс **WIREFILL** (рис.5.19).

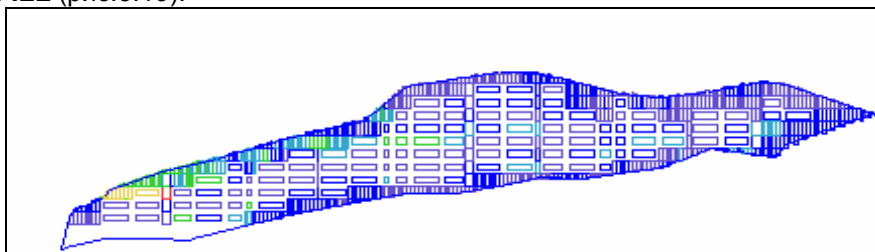


Рисунок 5.19. Пример неполного заполнения каркаса ячейками из-за неправильного определения минимальной границы модели по вертикали.

Часто в границы рудных тел попадают массивы пустых пород или пустоты в виде карстов, подземных выработок и т.п.

Включения пустых пород и пустоты должны отдельно моделироваться в виде каркасов (замкнутых или поверхностей) указанным выше способом (см. раздел 5.2). После этого используется процесс **SELTRI**, который выбирает из блочной модели только те ячейки, которые находятся снаружи каркаса породы или пустоты. В итоге мы сохраняем для дальнейшего использования только рудные ячейки (рис.5.20). В дальнейшем при необходимости данные по породным включениям (в виде специальной блочной модели) можно наложить на рудную модель.

Здесь можно использовать и другую технологию. Каркасы породных включений или пустот заполняются ячейками, и им присваивается номер зоны, отличный от аналогичного параметра руды. Далее эти модели накладываются на модель руды. Здесь происходит более точное деление ячеек на подъячейки чем при простом вырезании каркаса. После этого производится копирование и сохранение только тех ячеек, которые имеют «рудный» номер зоны. Этот способ более точно сохраняет размеры небольших пустот, таких как горные выработки.

Очень часто создают несколько каркасных моделей зон минерализации по разным бортовым содержаниям или типам руды. Эти модели могут размещаться одна в другой или пересекать друг друга. Естественно, что каждая из них должна быть заполнена «собственными» ячейками, имеющими соответствующий номер поля **ZONE**. В дальнейшем интерполяция содержаний по этим моделям будет производиться отдельно. Отбор и копирование нужных ячеек для той или иной зоны производится процессом **SELTRI** с использованием требуемого каркаса.

В результате всех этих операций создается модель зон минерализации, по которой в дальнейшем будет производиться интерполяция содержаний полезных компонентов и оценка запасов руды по месторождению.

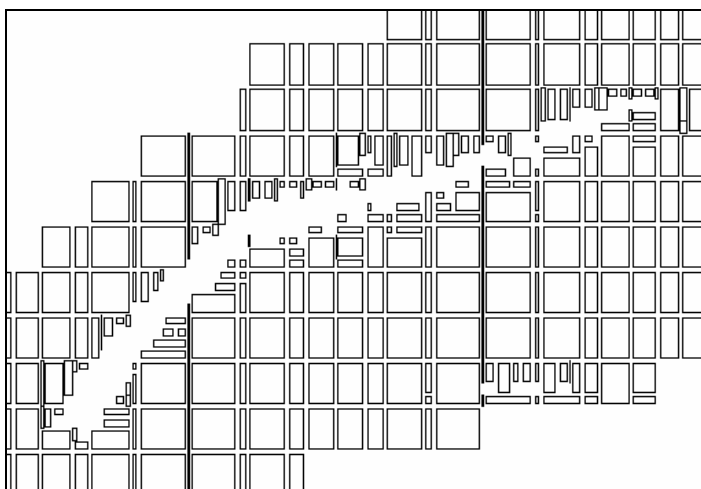


Рисунок 5.20. Подземная горная выработка, вырезанная из блочной модели рудного тела.

5.3.3.2. Модель литологии

Эта модель строится часто только в том случае, когда месторождение имеет сложную геологию и включает в себя много типов пород, руд с различными удельными весами. Если вмещающие породы достаточно однородны, то пространство под каркасной моделью топографической поверхности просто заполняется ячейками, которым присваивается код породы и значение плотности.

Имеется, по крайней мере, 2 технологии создания моделей литологии (моделей вмещающих пород).

- Литологические разности пород разделяются каркасными поверхностями или заключаются в замкнутые каркасы. Одной из поверхностей может быть поверхность топографии. Все каркасы заполняются ячейками (внутри, сверху, снизу или с боков). Прототип блочной модели должен быть тот же, что и для модели зон минерализации. Каждая часть созданной блочной модели обозначается собственным кодом породы (поле ROCK) и плотностью (поле DENSITY). Далее эти части попарно складываются (процесс **ADDMOD**) в такой последовательности, чтобы каждая следующая модель обновляла содержание ячеек предыдущей (см. следующий раздел). Процесс может идти как снизу - вверх, так и наоборот. Во втором случае первой моделью будет модель топографии, на которую будут последовательно накладываться все другие модели сверху вниз.

- Создается единая блочная модель ниже каркаса топографии. С помощью литологических данных, содержащихся в файле опробования, по этой модели осуществляется интерполяция кодов пород методом ближайшей пробы. Таким образом, блочная модель будет содержать информацию по литологии. Данные по плотности дополняются в модель с помощью процессов **EXTRA** или **GENTRA** в соответствии с кодами пород, содержащимися в ячейках модели.

Модель литологии может также содержать в себе природные и технологические пустоты. Надо вспомнить, что она должна иметь такие границы, которые полностью и с некоторым запасом включают в себя максимально возможный карьер, который может быть спроектирован на месторождении при благоприятном уровне цен на извлекаемые из руд металлы.

5.3.3.3. Заполнение контуров ячейками

Существует еще одна технология создания блочных моделей без предварительного формирования каркасов. Напомним, что самый простой способ блочного моделирования заключается в элементарном заполнении всего предусмотренного прототипом объема ячейками заданного размера.

Иногда мы имеем набор контуров (любой ориентации) зон минерализации, созданных интерактивно или введенных в компьютер с помощью какого-нибудь оцифровывающего устройства. Как правило, эти контуры имеют одинаковое приращение по координате, перпендикулярной плоскости контура. Например, периметры рудных зон нарисованные геологом для каждого из 5-ти метровых добычных горизонтов, или вертикальные разрезы, выполненные через каждые 20 м.

Эти контуры могут с помощью процесса PERFIL заполняться блоками требуемого размера. Например, в ситуации, приведенной на рис. 5.21. и 5.22, блоками были заполнены 3 контура. Не было разрешено деление блоков на субъячейки. Размер блоков был принят одинаковым по всем осям.

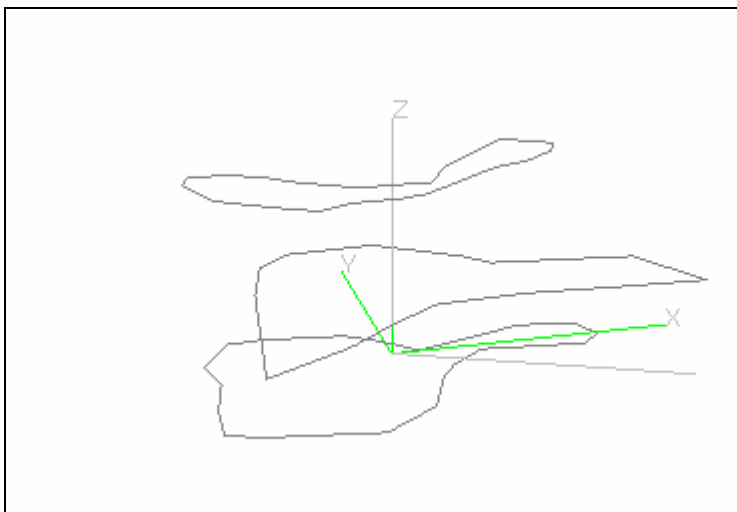


Рисунок 5.21. Контуры для заполнения блоками.

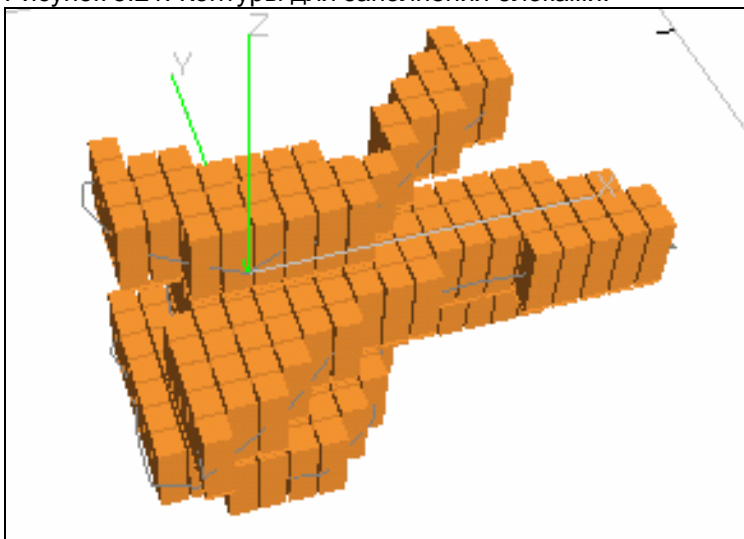


Рисунок 5.22. Контуры, заполненные блоками.

Этим способом удобно пользоваться, когда контуры зон минерализации получаются очень сложными, и соединение их в каркас представляет определенную сложность. В то же время некоторое огрубление модели за счет ступенчатого перехода от одного слоя к другому серьезно не сказывается на точности оценки запасов.

5.3.3.4. «Обрезание» и объединение моделей

После того, как блочные модели разного назначения и разных частей месторождения будут созданы, необходимо их объединить и (при необходимости) обрезать. Это делается с помощью процессом **ADDMOD**, **SELTRI**, **SELPER** и некоторые другие.

Процесс **ADDMOD** позволяет объединить 2 блочные модели . При этом:

- Если обе модели содержат информацию для одинакового поля в одних и тех же ячейках, то значения первой модели будут заменены величинами из второй модели. В несовпадающих ячейках информация из обеих моделей сохраняется.

- Выходная модель будет содержать все поля из обеих моделей. Если какого-то поля в одной из моделей нет, то в соответствующих ячейках выходной модели в этом поле будет прочерк (отсутствие данных).
- Каждая совпадающая ячейка выходной модели будет иметь полный набор подъячеек, соответствующий обоим входным моделям, поэтому количество подъячеек на выходе может оказаться очень большим.

Процесс **SELTRI** производит выборку ячеек и подъячеек блочной модели, центры которых находятся внутри, снаружи, сверху или снизу выбранного каркаса (замкнутого или поверхности). Дополнительного деления ячеек на подъячейки не происходит.

С помощью этого процесса удобно «отрезать» выступающие части моделей каркасом рельефа поверхности, выбирать промежуточные зоны минерализации, находящиеся между другими зонами и т.д. Заметьте, что этот процесс может аналогично выбирать любые данные (пробы, точки, линии), а не только блочные модели.

Процесс **SELPER** работает аналогично предыдущему. Производится выбор только тех ячеек, центры которых находятся внутри или снаружи введенного множества периметров. Вы должны определить также расстояния (полями во входном файле линий или параметрами) перед/за периметрами, которые при проецировании на них линий создают пространственный объем для отбора блоков модели.

5.3.3.5. Поворот блочных моделей

Обычный метод задания блочных моделей предусматривает определение размера ячеек и задание их количества по ортогональным осям координат. Однако в Датамайн имеется возможность разворачивать ячейки в пространстве по отношению к пользовательской системе координат. Это позволяет более полно заполнять пространство зоны минерализации ячейками, т.е. более эффективно использовать имеющуюся геологическую информацию.



Рисунок 5.23. Три варианта заполнения контура ячейками.

Процессы заполнения каркасов блоками работают хорошо, когда структура моделируемого месторождения примерно соответствует стандартной системе координат или, когда зона минерализации представляет собой массивное тело, размеры которого существенно больше размеров ячейки. Если направление залегания рудных тел составляет, например, 45° по отношению к выбранной системе координат, а их мощность достаточно мала по сравнению с размером ячейки, то эффективное заполнение каркасов ячейками становится проблематичным.

На рис. 5.23. показан такой случай. Можно улучшить заполнение, уменьшив один из размеров блоков (тем самым существенно увеличивается величина файла модели), однако, наиболее разумным будет поворот осей блочной модели и совмещение их с главными структурами рудных тел. Преимущества поворота моделей:

- Уменьшается размер файла модели
- Ячейки лучше описывают конфигурацию геологических структур
- В некоторых ситуациях достигается небольшое улучшение качества оценки запасов руды.

Когда Вы делаете оценку суммированием ячеек внутри каркаса или контуров, то Датамайн будет рассчитывать 2 объема: по каркасу (контурам) и по блокам модели. Второй объем будет включать в себя углы ячеек, выходящих за пределы каркаса (контура) и имеющих некондиционные содержания. С другой стороны, из объема модели будут исключены углы «породных» ячеек, имеющих высокое качество. Таким образом, в оценку будет включено некоторое разубоживание руды, которое ухудшает ее качество. Работая с повернутой моделью, Вы уменьшаете степень такого пограничного разубоживания.

Чтобы повернуть модель, Вы должны создать локальную систему координат, которая будет развернута относительно мировой системы. Затем создается блочная модель, ориентация которой будет соответствовать локальной системе, а параметры разворота будут храниться в особых полях файла модели.

Некоторые процессы Датамайн способны непосредственно работать с повернутыми моделями, выполняя внутреннее преобразование их к мировой системе координат, а другим требуется предварительное преобразование координат с помощью процесса **CDTRAN**.

В системе имеется процесс **MDTRAN**, который непосредственно преобразует блочную модель к новым (повернутым) координатам. Поворот происходит с помощью 3-х заданных углов вокруг 3-х заданных осей координат. Ячейки модели будут развернуты для соблюдения ортогональности с новыми осями. Значения каждой подъячейки выходной модели будут равны величинам, соответствующим их центральным точкам во входной модели. Если файл прототипа модели **PROTO** имеет информацию об ячейках/подъячейках, то выходной файл будет содержать те же записи. Если этот файл пустой (имеет только характеристику пространственного параллелепипеда), то программа сама создаст множество ячеек/подъячеек в соответствии с параметрами **X/Y/ZSUBCELL**.

На входе можно также задавать файл **PROTOROT**, который определяет 12 параметров поворота модели: **ANGLE1**, **ANGLE2**, **ANGLE3**, **X0**, **Y0**, **Z0**, **XMORIG (XR0)**, **YMORIG (YR0)**, **ZMORIG (ZR0)**, **ROTAXIS1**, **ROTAXIS2** и **ROTAXIS3**. Если этот файл задан (его можно создать процессом **PROTOM**), то введенные соответствующие параметры в данный процесс будут игнорироваться.

Процессы, непосредственно работающие с повернутыми моделями:

- **PROTOM** - создает дополнительные поля, описывающие поворот модели
- **WIREFILL**, **TRIFIL** - заполняют каркасы ячейками
- **CDTRAN**- может вводить параметры поворота модели, используя информацию модельного файла
- **PLOTMX**, **PLOTCX** - создают чертежи повернутой модели
- **ESTIMA** - преобразует повернутую модель к мировым координатам перед выполнением оценки запасов.

На рисунке 5.24. показана горизонтальная проекция крутопадающего рудного тела. Начало повернутой модели – это нижний левый угол пространственного параллелепипеда, вмещающего в себя все рудное тело. В данном случае требуется только 1 поворот мировой системы вокруг оси Z. Если для правильного позиционирования локальной системы требуется 2 или 3 поворота, то найти правильное начало локальной координатной системы бывает нелегко.

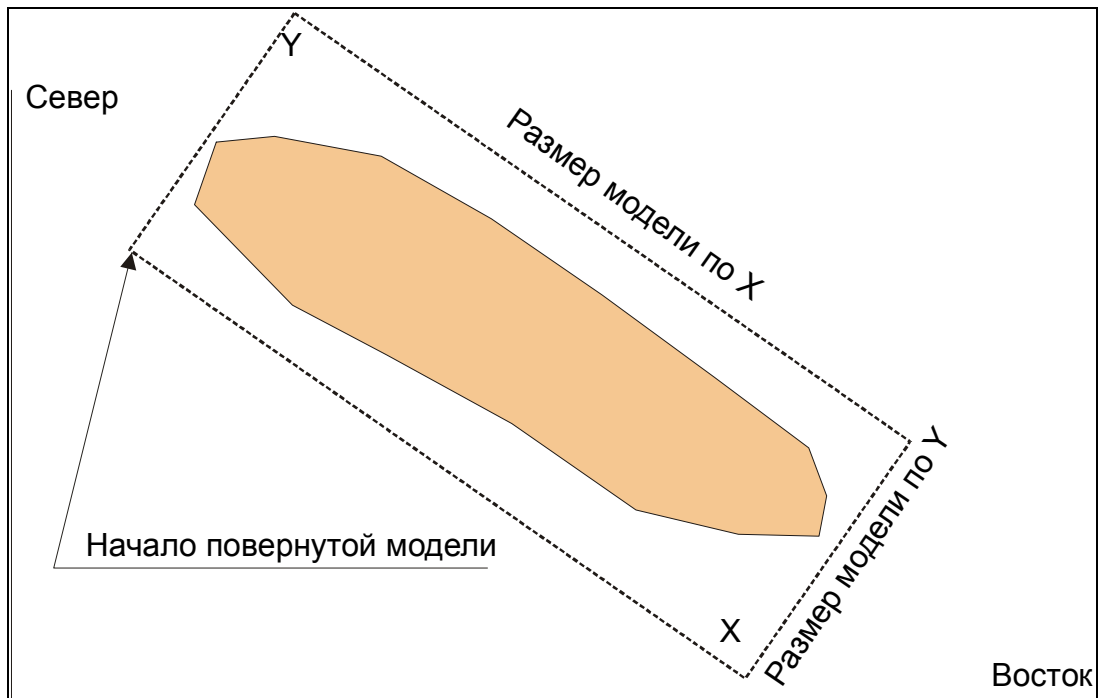


Рисунок 5.24. Разворот модели по отношению к мировой системе координат

Параметры, которые требуется определить, чтобы задать поворот модели:

- Мировые координаты начала модели,
- Углы поворота системы координат

В Датамайн имеется процесс ORIGIN, который помогает правильно рассчитать начало модели и ее протяженность по осям координат, что необходимо для создания прототипа повернутой модели. На входе процесса требуется задать множество координат точек, характеризующих граничные точки рудного тела. Это может быть файл каркаса или контуров рудного тела на горизонтальных или вертикальных сечениях.

Если пространство модели должно включать в себя не только само рудное тело, но и будущий карьер или подземный рудник, то в этом случае во входном файле должны быть линии, примерно описывающие требуемое пространство для размещения горных выработок. Эти линии могут быть легко созданы в Окне проектирования Датамайн-Студио. Вокруг границ рудных тел со всех сторон должен быть оставлен запас (параметр MARGIN). Процесс выдает на выходе протяженность модели по всем новым осям. Этот параметр равен произведению размера основной ячейки (в этом направлении) на число ячеек.

При определении прототипа повернутой модели мировые координаты начала локальной системы часто устанавливаются равными 0, 0, 0, что подходит для большинства ситуаций. На выходе процесса ORIGIN создается файл прототипа повернутой модели, а также (по требованию) – каркас, охватывающий весь прототип созданной модели. Он нужен только для предварительного визуального контроля пространства, внутри которого создана повернутая модель.

Углы поворота локальной системы задаются обычным порядком с помощью 3-х углов: ANGLE1, ANGLE2, ANGLE3 и соответствующих номеров осей (X=1, Y=2, Z=3), вокруг которых делается поворот: ROTAXIS1, ROTAXIS2, ROTAXIS3. Порядок задания углов и осей поворота – единый для всех процессов Датамайн. Одно из основных условий правильных действий – четко различать направления положительных и отрицательных разворотов.

Надо представить себе, что Вы смотрите в положительном направлении оси, вокруг которой предполагается поворот:

- Если Ваша система требуется повернуть против часовой стрелки, то угол поворота положительный

- Если поворот – по часовой стрелки, то угол отрицательный.

Для создания прототипа повернутой модели используется процесс ORIGIN, как было описано выше. С этой целью надо задать имя выходного файла-прототипа и размер основной ячейки. Если Вы хотите сами задать все параметры повернутой модели, то Вы можете использовать процесс PROTOM. Для этого установите на входе в процесс параметр ROTMOD = 1. После этого Вы должны будете в интерактивном режиме ввести еще 9 параметров, описывающих процесс разворота модели: мировые координаты начала повернутой модели, 3 угла поворота и 3 оси, вокруг которых делается поворот.

Процессы Датамайн, которые не распознают повернутую модель (не учитывают дополнительных 9 параметров разворота), будут работать с ней, как с обычной моделью, т.к. они ничем не отличается, кроме вышеназванных дополнительных полей.

Если Вы используете для создания блочной модели процессы, не поддерживающие работу с повернутой моделью (например, PERFIL, SURFIP и т.п.), то самый простой путь создать полноценную повернутую модель, это:

- Создать прототип повернутой модели процессами ORIGIN или PROTOM, как описано выше
- Заполнить контуры (или каркасы) нормальными ячейками с помощью процессов PERFIL, SURFIP и т.п.
- Объединить 2 полученных файла процессом APPEND.

Чтобы нормально работать с повернутой моделью, все входные данные должны быть предварительно развернуты и совмещены с используемой локальной системой. Например, входной каркас или периметры рудных тел для процесса TRIFIL должны быть предварительно развернуты процессом CDTRAN.

Из всех интерполяционных процессов Датамайн только ESTIMA может работать с повернутыми моделями. Поэтому в этом процессе не требуется предварительного поворота данных опробования, а также приведения к локальной системе эллипсоидов поиска, вариограммных моделей и других параметров анизотропии. Все они должны быть в мировых координатах.

Процессы ADDMOD, IJGEN, PROMOD, REGMOD также способны копировать в выходную модель 9 дополнительных полей повернутой модели. При объединении моделей процессом ADDMOD Вы должны убедиться в полной идентичности прототипов соединяемых моделей, включая параметры их поворота.

Процессы MODRES и TRIVAL, производящие оценку запасов, при работе с повернутыми моделями требуют на входе предварительно развернутых каркасов или периметров.

В окне проектирования Вы сможете увидеть повернутую модель в сечениях, как показано на рис. 5.23 (справа). Для того, чтобы оценить каркас по этой модели, система будет предварительно поворачивать его в локальную систему координат. Поэтому Вы сможете использовать для оценки запасов один или 2 контура, а также замкнутые каркасы. Существует одно ограничение в этой части, Вы не сможете выполнить оценку запасов между каркасной поверхностью и горизонтальной плоскостью.

5.3.4. Интерполяция содержаний и других показателей качества руды

Теперь Вы имеете модель зон минерализации месторождения, которая содержит в ячейках только информацию о номере зоны, типе руды и (может быть) плотности. Следующим очень важным шагом в процессе моделирования является заполнение ячеек созданной Вами модели информацией о содержаниях в руде полезных компонентов и других показателях качества. Эти данные рассчитываются одним из методов интерполяции по имеющимся в базе данных результатам опробования месторождения.

Для интерполяции содержаний (и других параметров) в системе Датамайн-Студио имеется несколько основных процессов:

- **ESTIMA** - интерполяция любых параметров по блочной модели с использованием разных видов кригинга, методов обратных расстояний и ближайшей пробы
- **GRADE** - аналогичный процесс, но со значительно меньшими возможностями по сравнению с ESTIMA
- **PANELEST** - расчет средних содержаний в 2-х и 3-х мерных панелях без необходимости предварительного создания блочных моделей
- **SURFIP** - интерполяция поверхностей пластов методом обратных расстояний.

5.3.4.1. Процесс GRADE системы Датамайн

Этот процесс наиболее удобен для начального этапа освоения возможностей Датамайн. Он не очень сложный и, тем не менее, способен выполнять весьма ответственные расчеты.

Список основных исходных файлов, полей и параметров приведен ниже:

Файлы:

- Входной файл - прототип блочной модели. Это должна быть модель зон минерализации, для которого требуется оценка качества руды
- Входной файл проб

Поля:

- Имена полей координат X,Y,Z в файле проб
- Имя оцениваемого поля
- Имена полей для размещения информации о числе проб, по которым делается оценка, дисперсии кригинга, номере зоны и длине проб, которая используется для взвешивания проб (если такое взвешивание выполняется).

Параметры:

- Длины осей эллипсоида окрестности поиска проб (анизотропии) по направлениям X,Y,Z
- Углы поворота осей координат для совмещения их с главными направлениями анизотропии массива
- Минимальное число проб для оценки содержания в ячейке. Если число проб в окрестности будет меньше, то для этой ячейки в данном поле ставится «-» (отсутствие данных)
- Максимальное число проб для оценки содержания в ячейке. Если число проб в окрестности будет больше, то для оценки будут использованы ближайшие к оцениваемой ячейке пробы. Это число не может быть более 1400.
- Используемый метод интерполяции:
 - 1 – Ближайшая проба
 - 2 – Обратные расстояния (указывается показатель степени)
 - 3 – Обычный кригинг с одно или 2-х структурной сферической моделью вариограммы (указываются параметры пространственной вариограммной модели – от 6 до 10 параметров)
- Число октантов, в которых должны содержаться пробы для оценки (0 – 8)
 - Минимальное и максимальное число проб в одном октанте
 - Метод оценки подъячеек:
 - 1 – оценивается каждая подъячейка
 - 2 – оценивается основная ячейка, и эта оценка присваивается всем содержащимся в ней подъячейкам
 - Количество точек внутри каждого блока (ячейки, подъячейки) по каждой координатной оси, для которых будет делаться интерполяция. Суммарная оценка блока будет рассчитана, как среднее оценок всех точек. Минимальное значение параметра (для одной оси):

- Для метода обратных расстояний – 1
- Для кригинга – 2

5.3.4.2. Процесс ESTIMA (ESTIMATE) системы Датамайн

Датамайн-Студио включает в себя более сложный процесс ESTIMA, который охватывает все возможности предыдущих процессов интерполяции Датамайн (в том числе и GRADE) и существенно развивает их. Он создан для всесторонней профессиональной оценки содержаний по блочным моделям месторождений. На его основе фирмой написан суперпроцесс **ESTIMATE**, который облегчает ввод исходной информации и дополняет исходный модуль новыми возможностями, например – индикаторным кригингом.

Главные особенности и достоинства процесса:

- Стандартные установки параметров для всех методов оценки и способов определения ее пространственных характеристик
- Оптимизация поиска проб в заданной окрестности для улучшения быстродействия процесса
 - В одном запуске может быть оценено нужное количество переменных (содержаний)
 - Каждая переменная может быть оценена различными методами, с различными параметрами окрестности (параллелепипед или эллипсоид), в которой ведется поиск проб, а также по каждой зоне и/или типу руды.
 - Автоматическое увеличение размеров окрестности поиска при недостаточном количестве проб, требуемых для оценки.
 - Ограничение числа выбираемых для оценки проб с помощью октантов и по ключевому полю
 - Широкий выбор типов моделей вариограмм для обычного (простого), логнормального и индикаторного кригинга
 - Автоматическое преобразование данных для повернутых моделей
 - Возможен поворот системы координат для всех типов оценки
 - Возможна оценка полных ячеек

Методы Оценки (интерполяции):

- Метод ближайшей пробы (БП)
- Метод обратных расстояний (ОР)
- Обычный Кригинг (ОК)
- Логнормальный Кригинг (ЛК)
- Простой Кригинг (ПК)
- Индикаторный Кригинг (ИК)
- Sichel's t оценка (ST)

ESTIMA (ESTIMATE) - очень развитый и сложный процесс, который требует значительное количество входных параметров. Поэтому в Датамайн включено специальное меню для создания набора входной информации и последующего запуска самой оценки. В систему включен также процесс **DEFPARM**, который помогает сформировать необходимые файлы с исходной информацией. Руководство по работе процесса **ESTIMA** состоит из почти 100 страниц текста, поэтому включить его полностью в эту книгу не было возможности. Здесь будут приведены лишь основные особенности процесса, зная которые, специалист сможет в принципе работать с этой программой.

Файлы исходной информации, требуемые процессом:

- Входной файл - прототип блочной модели. Это должна быть модель зон минерализации, для которых требуется оценка качества руды
- Входной файл проб
- Файл линий, применяемый при оценке залежей со складчатой структурой (необязателен)
- Файлы исходных параметров **SRCPARM, ESTPARM, VMODPARM**.

Три последние файла являются главными источниками информации для процесса. Они состоят из следующих таблиц (табл. 5.1 – 5.3):

Таблица 5.1. Файл параметров окрестности поиска проб для оценки (SRCPARM)

Этот файл определяет размеры и ориентацию динамической (расширяющейся) окрестности с центром в оцениваемой точке. Для оценки этой точки будут использованы только те пробы, центры которых попадают внутрь окрестности.		
Имена Полей	Значение по умолчанию	Описание
SREFNUM*		Ссылочный номер окрестности поиска проб
SMETHOD	2	Форма окрестности поиска (1 = параллелепипед, 2 = эллипсоид)
SDIST1, 2, 3	100	Максимальное расстояние поиска для первой окрестности в направлениях: 1 (X), 2 (Y), 3 (Z)
SANGLE1, 2, 3**	0	Углы поворота системы координат
SAXIS1, 2, 3	3	Оси, вокруг которых делается поворот (1 = X, 2 = Y, 3 = Z)
MINNUM1 MAXNUM1	1 20	Минимальное и максимальное число проб для первой окрестности поиска
SVOLFAC2***	0	Множитель для расчета размеров второй окрестности поиска.
MINNUM2 MAXNUM2	1 20	Минимальное и максимальное число проб для второй окрестности поиска
SVOLFAC3***	0	Множитель для расчета размеров третьей окрестности поиска.
MINNUM3 MAXNUM3	1 20	Минимальное и максимальное число проб для третьей окрестности поиска
OCTMETH****	0	Используются ли октанты? (0 = не используются, 1 = октанты используются)
MINOCT	2	Минимальное число октантов
MINPEROC	1	Минимальное число проб в октанте
MAXPEROC	4	Максимальное число проб в октанте
MAXKEY*****	0	Максимальное число проб, имеющих одинаковое значение ключевого поля

* Этот номер будет указан в файле **ESTPARM** для того, чтобы оценка производилась с требуемыми параметрами окрестности поиска.

** С помощью этих углов система координат совмещается с основными осями анизотропии

*** Обычно размеры первой окрестности – минимальные и соответствуют наивысшей категории запасов – **Measured resources**. Если для оценки точки недостаточно проб, то все размеры первой окрестности умножаются на коэффициент **SVOLFAC2**, и оценка повторяется. Полученные запасы будут соответствовать категории **Indicated resources**. Третий коэффициент **SVOLFAC3** используется для того, чтобы увеличить размеры окрестности до таких пределов, чтобы можно было оценить все блоки модели – **Inferred resources**.

**** Метод октантов используется, чтобы выполнять оценку по пробам, равномерно размещенным в пространстве, а не по ближайшим пробам одной выработки. Все сферическое пространство вокруг оцениваемой точки условно разделяется на заданное число (до 8) равных секторов (октантов). Оценка производится только тогда, когда в каждом из секторов используемой окрестности количество проб будет больше установленного минимума.

***** Пример ключевого поля – BHID. Если, например, показатель **MAXKEY** равен 3, то в каждый оценочный расчет будут приниматься не более 3-х проб из одной выработки.

Для подробного задания параметров оценки создается файл **ESTPARM** (Табл. 5.2)

Таблица 5.2. Файл параметров оценки (ESTPARM)

Этот файл требуется процессом для инструктирования программы, какие переменные, какие зоны и типы руды каким способом должны быть оценены				
Имя поля	Тип*	По умолчанию	Метод оценки**	Описание
VALUE_IN	A-8		Все	Имя поля для оценки
VALUE_OU	A-8	(VALUE_IN)	Все	Имя поля которое будет создано
SREFNUM	N		Все	Ссылочный номер окрестности поиска проб из файла SRCPARM
CUTOFF	N		ИК	Величины используемых бортов для ИК (для каждой зоны)
GRABCUT	N		ИК	Имя поля, в котором записывается оценка блока для данного борта (ИК)
{ZONE1_F}***	A or N		Все	Первое поле зонального контроля
{ZONE2_F}***	A or N		Все	Второе поле зонального контроля
NUMSAM_F	A-8		Все, кроме БП	Поле в выходном файле, указывающее число используемых проб
SVOL_F****	A-8		Все	Поле в выходном файле, указывающее номер динамической окрестности поиска
VAR_F	A-8		Все, кроме БП	Поле в выходном файле, указывающее дисперсию оценки
MINDIS_F	A-8		Все	Поле в выходном файле, указывающее расстояние до ближайшей пробы
IMETHOD	N	1	Все	Метод оценки: 1=БП, 2=ОР, 3=ОК, 4=ПК, 5=СТ
ANISO	N	1	БП, ОР	Тип анизотропии: 0=нет, 1=использовать файл SRCPARM , 2=использовать поворот системы координат (см. 6 следующих полей).
ANANGLE1	N	0	БП, ОР	Первый угол поворота вокруг оси X
ANANGLE2	N	0	БП, ОР	Второй угол поворота вокруг оси Y
ANANGLE3	N	0	БП, ОР	Третий угол поворота вокруг оси Z
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 1 (X)
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 2 (Y)
ANDIST1	N	1	БП, ОР	Радиус поиска по оси 3 (Z)
POWER	N	2	ОР	Показатель степени для метода оценки - ОР
ADDCON	N	0	ОР, СТ	ОР – константа, добавляемая к расстоянию СТ – константа, добавляемая к логарифму
VREFNUM	N	1	ОК, ПК	Ссылочный номер модели вариограммы из файла VMODPARM
LOG*****	N	0	ОК, ПК	Метод кригинга: 0=линейный

				1=логнормальный
GENCASE	N	0	Если LOG=1	Метод логнормального кригинга: 0=Rendu, 1=Обычный
DEPMEAN	N	0	Если LOG=1	Среднее по месторождению (Если 0, то рассчитывается кригингом)
TOL	N	0.01	Если GENCASE=1	Сходимость для логнормального кригинга
MAXITER	N	3	Если GENCASE=1	Максимальное число итераций для лог нормального кригинга
KRIGNEGW	N	0	ОК, ПК	Трактовка отрицательных весов кригинга: 0=использовать 1=игнорировать
KRIGVARS	N	1	ОК, ПК	Трактовка случая, когда дисперсия оценки больше порога: 0=использовать 1=игнорировать
LOCALMNP	N	2	ПК	Метод расчета локального среднего: 1=использовать поле из файла PROTO . 2=расчет среднего внутри окрестности
LOCALM_F	A - 8		ПК	Имя поля локального среднего в файле PROTO

* Тип переменной: N – числовая, A – 8 - алфавитно-цифровая с числом символов - 8.

** Метод оценки: БП (ближайшей пробы), ОП (обратных расстояний), ОК, ПК, ИК, ЛК (обычный, простой, логнормальный и индикаторный кригинг), ST - Sichel's t оценка.

*** Вместо названий этих полей должны быть введены реальные поля для зонального контроля, например "ZONE" и "ROCK"

**** Часто это поле называют CLASS для размещения в нем номера категории запасов для каждого блока в случае, если размеры окрестностей отвечают требованиям к соответствующим категориям запасов

***** Если используется логнормальная модель вариограммы, то Вы должны применить для оценки логнормальный кригинг

Некоторая информация о методах интерполяции, используемых в данном процессе, приведена в соответствующих разделах этой главы.

Если Вы выбрали кригинг как метод оценки, то Вы должны определить параметры используемых моделей вариограмм. Требуемые поля показаны в таблице 5.3.

Таблица 5.3. Файл параметров вариограммных моделей (VMODPARM)

Этот файл требуется процессом для инструктирования программы, какие модели вариограмм будут использоваться в оценке методом кригинга.		
Поле	По умолчанию	Описание
VREFNUM		Ссылочный номер модели вариограммы (используется в файле ESTPARM)
VANGLE1,* 2, 3	0	Углы поворота системы координат для совмещения с осями анизотропии, в которых рассчитаны вариограммы.
VAXIS1, 2, 3	0	Номера осей, вокруг которых делают повороты (1=X, 2=Y, 3=Z)

NUGGET	0	Эффект самородка
ST1**	0	Тип модели вариограммы для первой структуры
ST1PAR1, 2, 3, 4***	0	Первый - четвертый параметры для первой структуры
.....		
ST9	0	Тип модели вариограммы для 9-й структуры
ST9PAR1, 2, 3, 4	0	Первый - четвертый параметры для 9-й структуры

* **Параметры поворота системы координат.** Необходимо удостовериться, что значения полей SANGLE1, SAXIS1, и т.д в файле SRCPARAM были те же самые как значения полей VANGLE1, VAXIS1, и т.д в файле Параметров Модели Вариограммы.

** **Типы моделей вариограмм** (см. раздел 5.2):

- 1 - сферическая
- 2 – показательная (в т.ч. линейная при показателе степени = 1)
- 3 - экспоненциальная
- 4 - гауссова
- 5 – логарифмическая (в т.ч. – Де Вийса)

*** **Параметры модели:**

- 1, 2, 3 – Величина зоны по осям 1, 2, 3
- 4 - Значение порога для данной стриктуры (за вычетом эффекта самородка и порогов предыдущих структур).

Легче всего создавать эти файлы в Excel, а затем – импортировать в Датамайн. В этом случае при появлении новой информации можно быстро отредактировать файлы. Второй вариант – использовать процесс DEFPARM, с помощью которого последовательно создаются в редакторе AED все 3 требуемые файла.

Кроме вышеописанных файлов процесс ESTIMA требует некоторое количество дополнительной исходной информации.

Поля:

- **ZONE1_F, ZONE2_F** - Имена полей во входных *файлах модели и проб* для осуществления первичного и вторичного зонального контроля. Например: «ZONE» и «ROCK». Эти поля должны обязательно присутствовать во входных файлах.

- **KEY** - ключевое поле для ограничения количества проб, используемых в оценке, например – BHID

- **LENGTH_F, DENS_F** – поля длины интервала и плотности, используемые для взвешивания оцениваемых содержаний (только метод OP) Эти поля должны существовать во входном файле проб

- Ряд полей, связанных с оценкой складчатых структур

Параметры:

- **DISCMETH** - Метод задания оцениваемых точек внутри блока: 1- задается число точек по каждой оси, 2- задается расстояние между точками

- Число точек или расстояние между ними по каждой оси

- **PARENT** - Способ оценки ячеек: =0 – оценивается отдельно каждая подъячейка, =1 – подъячейкам присваивается оценка, сделанная для основной ячейки, =2 - подъячейкам присваивается оценка, сделанная по точкам основной ячейки, попадающим внутрь данной подъячейки

- **MINDISC** – Минимальное число точек для оценки (только, если **PARENT=2**).

- **COPYVAL** – Возможность копирования значений из входного файла модели в выходной, когда недостаточно данных для оценки: =0 - не разрешать копирования, =1 – разрешить копирование.

- Координаты X, Y, Z для определения зоны модернизации модели

Кроме этих параметров задается еще целый ряд показателей, связанных с оценкой складчатых структур. Специалисты, интересующиеся этой методологией, могут ознакомиться с ней в соответствующем разделе Документации.

Ниже будут приведены основные сведения об используемых системой Датамайн методах интерполяции.

5.3.4.3. Метод многоугольников (ближайшей пробы)

При использовании этого метода оцениваемой ячейке присваивается значение ближайшей 'nearest' пробы. Если введены параметры анизотропии, то расстояние до пробы определяется с учетом анизотропии массива

Главным преимуществом метода является то, что он не использует какого-либо взвешивания значений проб, поэтому с помощью его может быть оценено любое цифровое или алфавитное (до 20 символов) поле. Наиболее удобно использовать его для интерполяции алфавитных переменных, например кодов литологии, стратиграфии и т.п. Он также не изменяет при интерполяции значений цифровых полей (различных кодов, типов руд и т.д.), что очень удобно в ряде ситуаций.

5.3.4.4. Метод обратных расстояний

При использовании этого метода оценка заданной переменной получается взвешиванием каждой пробы величиной, обратно пропорциональной расстоянию от пробы до оцениваемой точки.

$$\alpha = \sum_i^n \left(\frac{1}{R^p}\right)_i \alpha_i \quad (5.1)$$

где α - оценка блока по пробам α_i

R - расстояние от пробы до оцениваемой точки

p - показатель степени (обычно = 2)

Параметр ADDCON процесса ESTIMA

Если проба лежит точно в оцениваемой точке (точка центра ячейки), тогда расстояние до нее будет ноль, а «вес» пробы будет 100%. Это может приводить к тенденциозной оценке, если имеется только одна точка и несколько проб, лежащих в пределах ячейки. Однако, Вы можете решить эту проблему путем ввода положительного значения в поле **ADDCON**.

Процесс будет добавлять исправленное анизотропией значение ADDCON к каждому расстоянию перед оценкой ячейки (точки).

Взвешивание по длине интервала и плотности породы (руды). Вы можете включить длину и/или плотность в расчет оценки, задав в процессе **ESTIMA** поля: *LENGTH_F и/или *DENS_F, которые должны быть в файле опробования. Если заданы оба поля, то при взвешивании они перемножаются.

Дисперсия оценки. В дополнение к оценке методом OP, также рассчитывается дисперсия оценки. Однако, она рассчитывается как дисперсия классической статистики по всем пробам, участвующим в оценке.

5.3.4.5. Обычный кригинг

Кригинг – это геостатистический метод для оценки содержаний в заданном объеме [1-8]. Подробное изложение теории кригинга Вы найдете в книге [9].

В процессе ESTIMA используются два типа кригинга – Обычный Кригинг (Ordinary Kriging) и Простой Кригинг (Simple Kriging), которые определяются полем IMETHOD в файле параметров (Estimation Parameter file):

Обычный Кригинг (ОК)

IMETHOD = 3

Простой Кригинг (ПК)

IMETHOD = 4

Как и в методе обратных расстояний, кригинг определяет веса проб, участвующих в оценке точки или блока. Однако, одним из главных преимуществ кригинга является то, что «веса» рассчитываются таким образом, чтобы минимизировать дисперсию оценки (возможную ошибку).

Размещение проб в пространстве. Когда минимизируется дисперсия оценки, то кригинг берет в расчет пространственное положение проб относительно друг друга. Отсюда получается что, если несколько проб группируются вместе, то они будут взяты в расчет с соответственно уменьшенными весами. Вы помните, что в методе обратных расстояний «веса» зависят только от расстояния между пробой и точкой оценки, а положение других проб в расчет не берется.

Веса кригинга рассчитываются по модели вариограммы, которая описывает корреляцию между двумя точками, как функцию расстояния между ними. Таким образом, в расчете оценки содержится дополнительный аргумент – корреляционная связь между пробами в пространстве, что делает эту оценку более точной. Детали моделирования вариограмм и способы задания их параметров приводятся в главе 3.3.

Обычный и простой кригинг - две разновидности линейного кригинга. Для Обычного Кригинга (ОК) вес рассчитывается для каждой пробы, и сумма этих весов равна 1. Для простого кригинга (ПК) «вес» W_i рассчитывается для каждой пробы и «вес» $(1 - 3W_i)$ назначается среднему содержанию. ПК не поддается влиянию локальных трендов данных как ОК, так как это зависит, отчасти, от среднего содержания, которое, как было сказано выше, предварительно задано и постоянно для всего пространства. Наиболее часто используемый метод кригинга - ОК. Дальнейшие детали методологии кригинга и расчета «весов» Вы можете найти в литературе, список которой представлен в конце книги.

Ввод исходной информации для ОК и ПК очень похож, и поэтому все последующее описание подходит для обоих методов. В конце раздела будет сделано маленькое уточнение, касающееся специфики ПК.

Логнормальный Кригинг. Этот вид интерполяции использует нелинейные преобразования и наиболее подходит для оценки содержаний по месторождению, когда структура изменчивости массива характеризуется логнормальной моделью вариограммы. Процесс ESTIMA позволяет использовать линейный и логнормальный кригинг для обоих методов: ОК и ПК. Для их выбора используется поле LOG в файле Параметров оценки. Для линейного кригинга «веса» рассчитываются для реальных содержаний проб, а для логнормального кригинга – для логарифмов содержаний с последующим их обратным преобразованием в конце расчета. Все трансформации происходят внутри процесса ESTIMA, так что Вы не должны производить каких-либо дополнительных расчетов. Для ОК обратная логнормальная трансформация содержаний производится по формуле:

$$E_c = \exp(3W_i \times \log(G_i) + 0.5 \times (3W_i \times F(L_i, L_j) - 3.3W_i \times W_j \times F(L_i, L_j))), \quad (5.2)$$

Где:

E_c	оценка кригинга
W_i	вес пробы i
G_i	содержание пробы i
$F(L_i, L_j)$	ковариация логарифма содержаний проб i и j

Перед использованием этого метода интерполяции мы настоятельно рекомендуем прочесть книгу П. Дауда [5] и учесть, что он имеет некоторые особенности, требующие очень квалифицированного подхода, понимания теории и большой осторожности в интерпретации результатов.

Параметры логнормального кригинга. Если Вы, тем не менее, выбираете для оценки логнормальный кригинг, тогда Вы должны решить, какой из методов Вам больше подходит: приближение Ренду или Общий Случай. Для выбора используется поле GENCASE в файле Параметров Оценки.

Если GENCASE = 0, то будет использовано приближение Ренду, если GENCASE =1, то используется Общий метод. Когда Вы выбираете Общий Случай, то должны определить еще три поля: DEPMEAN, TOL и MAXITER (см. П. Дауд).

Модель вариограммы. Для каждого поля (VALUE_IN), которое будет оцениваться кригингом, в файле Параметров Оценки должен быть определен соответствующий ссылочный номер модели вариограммы (VREFNUM). Это – обычная ссылка на описание модели вариограммы и ее параметры, приведенные в файле Параметров Модели Вариограммы. Поэтому здесь может использоваться любое числовое значение, если оно существует в файле Параметров Модели Вариограммы.

Модели, записанные в файле Параметров Модели Вариограммы, могут быть или обычными или логнормальными. Поле LOG в файле Параметров Оценки используется для выбора линейного или логнормального кригинга.

Кригинг ячеек. Кригинговая оценка для точек оцениваемого блока делается, когда число проб в окрестности поиска не меньше заданного минимума. Если их число больше установленного максимума, то выбираются только ближайшие к точке пробы.

Кроме самой оценки, кригинг формирует три вторичных переменных, которые могут быть рассчитаны для каждой ячейки и сохранены в файле Выходной Модели:

- число проб используемых для кригинга
- дисперсия кригинга
- расстояние до ближайшей пробы, трансформированное с учетом анизотропии

Чтобы сохранить эти вторичные переменные, их имена полей должны быть определены в файле Параметров Оценки.

Отрицательные веса кригинга. При некоторых условиях, веса, рассчитанные для одной или нескольких проб, могут быть отрицательными. Это наиболее вероятно, когда модель вариограммы имеет маленький эффект самородка, а проба ограждена (экранирована) от ячейки другими пробами, находящимися непосредственно между этой пробой и ячейкой.

Хотя отрицательные веса математически оправданы, однако в геостатистике существует направление, которое отрицает их правомерность и считает, что они должны быть установлены как 0. Если Вы хотите, то можете сделать это, используя поле KRIGNEGW.

Если отрицательные веса установлены, равными нулю, то веса других проб будут пропорционально отрегулированы так, чтобы сумма весов всегда равнялась 1.

Когда дисперсия кригинга больше порога. Из-за математической сложности вычислений уравнений кригинга иногда может случиться, что дисперсия кригинга будет немного больше чем порог модели вариограммы. С помощью поля KRIGVARS в файле Параметров Оценки Вы можете управлять, оставить ли рассчитанную дисперсию выше порога или установить ее равной порогу.

Этот контроль применяется только по отношению к линейному кригингу. Дисперсия для логнормального кригинга зависит от значения поля DEPMEAN и поэтому часто получается большей, чем порог.

Простой кригинг. Простой кригинг кроме расчета весов для каждой пробы назначает также вес для местного среднего значения проб. Для того, чтобы установить, как это местное среднее значение будет определяться, используются поля LOCALMNP и LOCALM_F в файле Параметров Оценки,

При LOCALMNP = 1 для этого используется специальное поле во входном файле Модели. Если этот параметр равен 2, то программа вычисляет локальное среднее как арифметическое среднее всех проб, находящихся в окрестности поиска. Если LOCALMNP = 1, то Вы также должны также задать имя алфавитного поля во входном файле Прототипа Модели, которое определяет локальное среднее. Имя поля в файле Параметров Оценки - LOCALM_F.

5.3.4.6. Оценка панелей

Часто возникает ситуация, когда требуется оценить среднее содержание в каком-то пространственном объеме, ограниченном в плане только контуром, или – в каком-то выделенном объеме имеющейся блочной модели. Для этих целей в Датамайн имеется процесс PANEST.

Панели определяются или множеством линий в файле PERIM, или множеством отдельных точек в файле DISPTIN. Для интерполяции используются все описанные выше основные методы: БП, ОР, ОК.

Определение панелей с помощью множества линий. Файл PERIM должен содержать одну или несколько линий. Если они не замкнуты, то перед обработкой будут замыкаться. Необходимо проконтролировать, чтобы эти линии не содержали «перехлестываний». Количество точек в одной линии не должно быть больше 5000. Линии должны быть плоскими и размещаться (не обязательно – все) на одной из координатных плоскостей: XY, XZ или YZ.

Далее Вы можете определить независимые (+/-) расстояния проецирования DPLUS и DMINUS для того, чтобы создать из плоских контуров объема. Если хотя бы один из этих параметров не равен 0, то панель считается 3-х мерной, в противном случае – 2-х мерной.

Если она 2-х мерная, то все пробы будут спроецированы на эту плоскость. В этом случае Вы должны проверить, чтобы несколько проб не проецировались в одну точку, иначе кригинг не будет работать.

Каждая панель в процессе расчетов представлена множеством отдельных 2-х или 3-х мерных точек. Вы можете задать расстояния между этими точками независимо в каждом из 3-х направлений с помощью параметров XDSPACE, YDSPACE и ZDSPACE. Если Вы не введете эти параметры, то процесс будет самостоятельно использовать подходящие значения. Например, для квадратной панели будет создана 121 точка (по 11 в каждом направлении).

Множество регулярных точек генерируется процессом внутри прямоугольника, самого близкого к форме панели, а затем оставляются только те точки, которые попадают внутрь контура панели. В 3-х мерных панелях точки генерируются и в 3-м измерении, а затем «обрезаются» границами объема, полученного проецированием периметра панели. Общее количество созданных точек не должно быть менее чем установка параметра MINDISC. Если оно меньше, то расстояния между точками последовательно уменьшается на 20% с последующей, новой проверкой их количества.

Определение панелей с помощью множества отдельных точек. Вместо генерирования точек внутри контуров (см. выше) Вы можете ввести эти точки непосредственно с помощью файла DISPTIN. В этом случае параметры XDSPACE, YDSPACE, ZDSPACE, MINDISC, DPLUS и DMINUS будут игнорироваться. Одним из способов создания множества регулярных точек является процесс TRIFIL, с помощью которого Вы можете заполнить внутренность замкнутого каркаса или одну из сторон каркаса поверхности регулярными ячейками (без деления их на подъячейки!!), центры которых будут играть роль множества точек для процесса PANELEST (Рис.5.25). Выходной файл процесса TRIFIL может быть непосредственно использован в PANELEST, как файл DISPTIN.

Множество точек может быть задано также существующей блочной моделью с уже интерполированными содержаниями. Лучше, если предварительно подъячейки будут объединены в нормальные ячейки. Выбрав какое-то множество ячеек или всю модель, Вы можете получить среднее содержание и дисперсию оценки для них.

Выбор проб для оценки. Параметры MINNUM и MAXNUM используются, чтобы задать минимальное и максимальное количество проб, которое будет использоваться для оценки каждой точки. Для методов БП и ОР параметр MAXNUM игнорируется, а для ОК он не должен превышать 1399.

Если в панели найдено меньше проб, чем MINNUM, то оценка не выполняется. Если проб больше, чем MAXNUM, то для оценки выбираются ближайшие пробы.

Если панель задана периметрами (файл PERIM), то установка параметра INSIDE=1 приведет к тому, что для оценки будут использованы только пробы, находящиеся внутри панели. Если INSIDE=0, то используются все пробы. При задании точек файлом DISPTIN этот параметр игнорируется.

Методы интерполяции. Используется 3 метода интерполяции: 1- БП, 2 – ОР, 3 – ОК (если параметр LOG=1, то используется логнормальный кригинг, см. предыдущий параграф). Отметьте, что при использовании кригинга будет рассчитываться дисперсия кригинга, а при методе ОР – классическая дисперсия проб, используемых для оценки.

Анизотропия. В случае использования кригинга анизотропия определяется параметрами вариограммной модели. Для других методов она задается набором стандартных параметров ANANGLEn, ANAXISn и ANDISTn (см. выше).

Результаты расчета. Когда параметр TOTAL=1 и оценивается более одной панели, то рассчитываются суммарные показатели для всех панелей (площадь/объем и содержание), взвешенные по площади или по объему каждой панели. Дисперсия оценки будет рассчитана только для кригинга путем взвешивания аналогичных параметров по квадрату площади/объема каждой

панели. В этих расчетах предполагается, что панели независимы друг от друга. Это часто бывает справедливым, если панели большие.

Если панели определены как множество точек, то должен быть оценен объем каждой панели. Он рассчитывается в зависимости от количества точек и расстояний между ними.

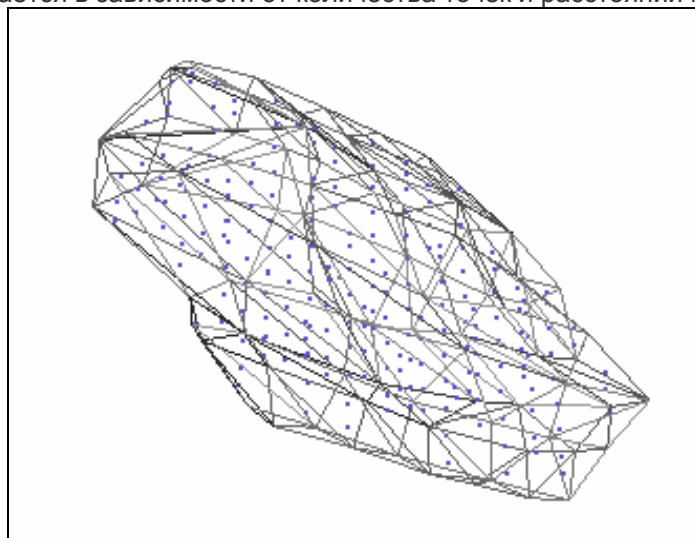


Рисунок 5.25. Вид каркаса, заполненного регулярным множеством точек (ячеек). Размер сети: X=10, Y=5, Z=5 м.

5.3.5. Оптимизация и обновление блочных моделей при поступлении новой информации

5.3.5.1. Оптимизация моделей

После того, как Вы оценили качество руды по созданной Вами блочной модели, необходимо проверить полученную модель, объединить с моделью литологии (если это представляет интерес) и, при необходимости, – оптимизировать ее или полученную общую модель.

Итак, Ваша модель содержит все поля типов руд и пород, содержания всех компонентов, а также другие параметры, которые Вы считаете важными. Лучше, если Вы теперь добавите в модель информацию о плотности руды. Это делается обычно процессом EXTRA (GENTRA), в котором Вы можете присвоить известные значения плотности всем имеющимся в модели типам руд. Возможно использовать для этого любое аналитическое выражение, если плотность руды зависит от содержания в ней металлов и т.п. Операция до предела упрощается, когда вся руда имеет одинаковую плотность. Для хранения этой информации целесообразно применять стандартное название поля **DENSITY**, т.к. в дальнейшем программа сможет его использовать, не спрашивая Вас каждый раз о вводе величины плотности.

Иногда модель получается очень большой из-за громадного количества маленьких субъячеек, созданных при заполнении ячейками узких (извилистых) каркасов или при объединении нескольких больших блочных моделей в одну. Во втором случае часто происходит аварийное наложение ячеек друг на друга, а это, в свою очередь, вызывает ошибки при использовании такой модели в других процессах (например, при оценке запасов). Наложение ячеек бывает также следствием заполнения блоками взаимно пересекающихся каркасов в одном запуске процессов TRIFIL или WAREFILL.

Такие ситуации могут быть исправлены оптимизацией субъячеек модели процессом PROMOD. Он будет копировать входную модель в новый файл, и при этом выполнять следующие функции:

- Для каждой субъячейки определяется ее «родительская» ячейка
- Ликвидируются наложенные субъячейки в «родительских» ячейках

- Маленькие субъячейки объединяются без ухудшения точности модели по 10 ключевым полям.

Задаются от 1 до 10 ключевых полей. Субъячейки объединяются, если значение поля в них одинаково, а параметр OPTIMIZE=1 или 2.

Параметры:

- **DENSITY** - плотность руды, если это поле отсутствует во входном файле.
- **X(Y,Z)INCMIN** – минимальный размер подъячейки в данном направлении. Любые подъячейки с размером, меньшим чем указанный, будут объединяться с соседними (если OPTIMIZE=1 или 2 и, если это возможно) при совпадении значений ключевых полей.
- **OVERLAP** – способ проверки и устранения наложений подъячеек (по умолчанию – 0):
 - =0: программа сообщает о наличии наложений и прекращает работу.
 - =1: программа сообщает о наличии наложений и переносит их без изменения в выходной файл.
 - =2: все наложения будут исправлены, как это делает процесс ADDMOD, т.е. 2-я подъячейка будет перезаписывать содержание 1-й подъячейки.
- **OPTIMIZE** – способ объединения подъячеек (по умолчанию – 2):
 - =0: - Объединения не делается.
 - =1 - Подъячейки объединяются только тогда, когда они полностью заполняют «родительскую» ячейку.
 - =2 - Подъячейки объединяются для минимизации их количества.
- **TOL** – допуск (в % к величине) для сравнения значений ключевых полей в субъячейках. Если различие в смежных субъячейках будет меньше допуска, то они объединяются (если OPTIMIZE=1 или 2). По умолчанию – 0.001.

На рис.5.26. показаны результаты оптимизации модели золоторудного месторождения по ключевому полю AU с допуском 1%. Минимальный размер подъячеек был установлен 2.5*2.5 м в плане. Размер «родительской» ячейки 10*10 м. В процессе оптимизации было исправлено 140 наложений подъячеек.

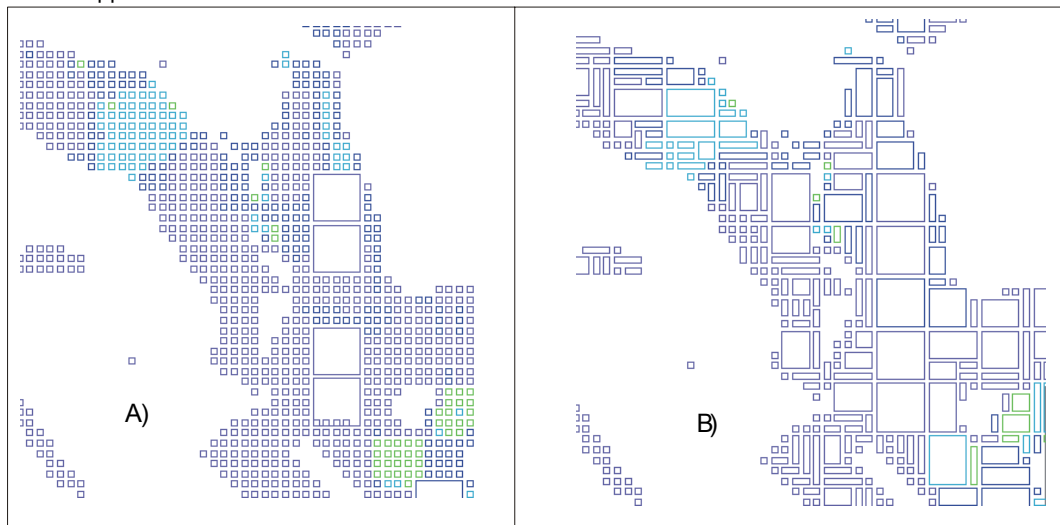


Рисунок 5.26. План блочной модели до (А) и после (В) оптимизации

В Датамайн имеется еще один процесс - SLIMOD, который исправляет ситуацию, когда субъячейки выходят за пределы «родительской» ячейки. Это осуществляется путем «разрезания» таких субъячеек границами их «родительской» ячейки. Он может также использоваться, если необходимо изменить прототип для существующей модели. Однако, если Вы укажете в исходных данных тот же прототип, какой используется в исправляемой модели, то произойдет только корректировка наложенных субъячеек.

5.3.5.2. Дополнение моделей новой информацией

При поступлении новой информации о месторождении (как правило, за счет эксплоразведки и доразведки) необходимо внести изменения в существующие модели. Здесь могут быть 3 варианта:

- Контуры минерализации не изменяются. Изменяется только распределение качества руды
- Контуры минерализации в некоторых местах расширяются
- Контуры минерализации в отдельных местах сужаются

В первом, самом простом случае достаточно дополнить файл проб новой информацией и с полученным новым файлом опробования провести повторную интерполяцию всей (или только измененной части) модели с помощью процессов GRADE или ESTIMA. Если Вы считаете нужным, то пересчитайте вариограммы в измененной части модели и, соответственно, измените параметры процессов интерполяции. Если свойства массива после дополнения новой информацией существенно не изменились, то можно применять для интерполяции все прежние параметры.

Когда контуры минерализации в результате появления новой информации расширились, то можно или исправить существующую каркасную модель полностью, или (что намного легче) сделать новую каркасную (а затем и блочную) модель только измененного участка. Затем дополняется файл опробования, и из него выбираются пробы, попадающие в новый каркас. Для новой части модели производится интерполяция содержаний с прежними или измененными параметрами. Полученная таким способом новая модель с полями, соответствующими старой модели (это надо обязательно проверить!), процессом ADDMOD накладывается на существующую модель и (если необходимо) подвергается оптимизации процессом PROMOD.

Когда контуры минерализации сужаются, то обычно приходится корректировать весь каркас существующей модели, т.к. при наложении измененной (более узкой) части часть ячеек прежней модели будет оставаться не перезаписанной, отражая нереальную информацию. Далее необходимо повторить весь процесс заполнения нового каркаса ячейками и интерполяции содержаний. При сохранении информации о прежних установках процессов и макросов это занимает минимум времени.

Можно пойти и другим путем. Как описано выше, создать новый каркас в измененной части, заполнить его ячейками и провести интерполяцию содержаний. Желательно, чтобы измененный каркас опирался на плоскости системы координат (XY, XZ и/или YZ) и хорошо совмещался в этих плоскостях с прежним каркасом. После этого из старой блочной модели с помощью фильтров выбирается только неизменная часть, которая затем объединяется процессом ADDMOD с новой частью модели.

На рис. 5.27. на вертикальном разрезе показан процесс модернизации блочной модели золоторудного месторождения. По данным эксплоразведки была создана новая каркасная модель верхней части залежи, блочная модель которой показана в части В рисунка.

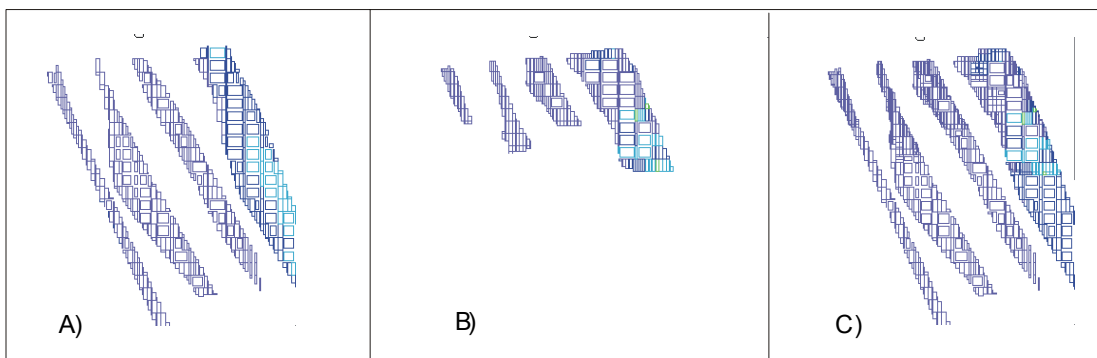


Рисунок 5.27. процесс дополнения блочной модели: А – старая модель, В – обновляемая часть модели, С – обновленная основная модель.

5.4. Оценка рудных запасов

Завершающим этапом моделирования месторождений является оценка их рудных запасов. Если Вы проделали всю предыдущую работу качественно, то эта операция доставит Вам удовольствие. Она делается очень быстро; можно в течение минут пересчитать тоннаж и содержание для нескольких бортовых содержаний и для всех рудных тел. Простота этого процесса обусловлена тем, что он выполняет только элементарное суммирование информации о всех блоках, соответствующих установленным Вами условиям.

Запасы можно оценивать не только по блочным моделям, но и (ориентировочно) по данным опробования залежей полезных ископаемых.

5.4.1. Процессы Датамайн для оценки запасов

5.4.1.1. Процесс MODRES

Основной процесс Датамайн для подсчета запасов руды – **MODRES**, который имеет много опций и позволяет с помощью фильтров и ограничивающих критериев оценить запасы практически для любой комбинации условий, которые Вы пожелаете использовать. После ввода в процесс файла блочной модели и необходимых ограничений Вы (если не используется специально написанный макрос) должны будете в диалоговом режиме определить все параметры оценки, которые наиболее подходят для Вас. Полученная программой информация о запасах будет размещаться в выходном файле результатов, который может быть прочитан специальным процессом TABRES.

Этот процесс может также использоваться для поуступной оценки запасов в карьере (карьерах), если на входе будет указан файл периметров его (их) уступов. На выходе может быть получен также файл блочной модели, в котором появится новое поле MINED, отражающее информацию об отработке каждого блока (значения 0 или 1).

Если на входе отсутствует файл периметров, то для поуступной оценки запасов процесс создает их самостоятельно. Когда этот стандартный файл линий Датамайн присутствует, то контуры в нем должны быть направлены «по часовой стрелке», не пересекаться и не быть замкнутыми. Имеется 2 типа таких файлов:

1. Линии по отметке Z соответствуют центру уступа (параметр @PAIRS=0). В этом случае, если параметр @ZVALUE=0 (т.е. поле Z игнорируется), то номер уступа и периметра записываются в поле PVALUE каждого контура. Например, для уступа № 6 имеется 2 периметра. В этом случае поле PVALUE для них будет иметь значения 6.0

и 6.1. Номер 1 присваивается самому верхнему уступу. Когда @ZVALUE=1, то для идентификации периметра используется координата ZP его последней точки.

2. Линии для каждого уступа задаются в виде пары контуров, соответствующих его нижней и верхней бровкам (параметр @PAIRS=1). Отметка по вертикали для каждого периметра контролируется координатой Z и номером периметра в поле PVALUE. Например, 2 смежных (по вертикали) периметра могут иметь PVALUE = 3.00 и 3.01, а отметки ZP соответственно 275 и 282 (кровля и подошва уступа). Отметьте, что верхний и нижний периметры уступа могут отличаться друг от друга, что позволяет обрабатывать данные по карьерам с очень сложной конфигурацией.

Параметры оценки определяются пользователем интерактивно в процессе диалога, предлагаемого программой. Результаты могут быть классифицированы по типам руд/пород (по соответствующему полю в файле и по значению (коду) этого поля). Во втором случае указанное поле должно существовать в файле. Все блоки, не имеющие кодов руд/пород, будут приплюсованы к последнему типу в списке, где их легко будет обнаружить. Если запасы разделены на группы ORE, WSTE (руда, порода), то все блоки без обозначений будут отнесены во вторую группу.

Запасы могут быть также классифицированы по интервалам содержаний для выбранного поля. Эти интервалы могут быть неодинаковыми.

Полная иерархия классифицированных результатов оценки имеет вид:

Уступ – Периметр – Тип породы/руды – Интервал содержаний.

Все числовые поля, которые не являются стандартными полями файлов модели и линий и не выбраны, как поле типа руды/породы или поле главного содержания, будут оцениваться автоматически.

Расчет объемов производится программой автоматически с вычислением разницы между объемом внутри периметров (площадь периметра*высоту уступа) и суммарным объемом блоков модели, центры которых находятся в пределах периметра. Может быть заказана как полная (параметр @FULLCELL=1), так и частичная оценка объема блоков, попадающих в пределы периметров.

Если объем периметров окажется больше соответствующего объема модели, то разница будет соответствовать незаполненному ячейками объему периметров. Небольшая отрицательная разница между объемами встречается, когда заказана оценка полных ячеек. Большая отрицательная разница свидетельствует об ошибке или в модели, или в периметрах. Одна из причин этого – наличие в модели дублированных или наложенных ячеек. Для исправления таких ошибок используется процесс PROMOD. Другой причиной может быть перехлестывание периметров (они становятся похожи на цифру 8) и образование, в связи с этим, контуров с различными направлениями (по и против часовой стрелки).

Для расчетов тоннажа используется поле модели DENSITY. Если его нет, то применяется значение параметра @DENSITY. Если же и он не указан, то по умолчанию используется плотность 1.0.

5.4.1.2. Процесс TRIVAL

Этот процесс аналогичен вышеописанному; он предлагает пользователю тот же диалог и создает очень похожий файл результатов. Отличие состоит в том, что здесь оценивается блочная модель, попадающая внутрь замкнутой каркасной модели или находящаяся сверху/снизу каркасной поверхности. Этим процессом Вы сможете пользоваться интерактивно в Окне проектирования, но здесь он имеет несколько урезанные возможности, не позволяя, например, двойную классификацию: по типам пород и по интервалам содержаний. Впрочем, все зависит от квалификации пользователя и знания им всех возможностей Датамайн.

5.4.1.3. Процесс TONGRAD

Новый процесс, появившийся в Датамайн - Студио, позволяет очень быстро оценить блочную модель, т.е. получить средние содержания и тоннаж руды по всем выделенным ключевым полям. К сожалению, он не дает возможности вводить критерии ограничения, а также требует, чтобы все указанные ключевые поля и поля содержаний не содержали отсутствующих данных. Если Вы хотите оценить только часть блочной модели, то необходимо сначала выбрать нужную ее часть и записать в отдельном файле, который будет затем оцениваться. На выходе Вы получаете таблицу, где для каждого ключевого поля (например, блока, зоны или типа руды) указан объем, тоннаж руды и средние содержания всех компонентов. Эта таблица может быть выведена процессом в текстовом формате 'csv', который непосредственно читается программой EXCEL. Одновременно может быть обработано до 10 полей содержаний и до 3-х уровней ключевых полей.

5.4.1.4. Процесс TABRES

Когда в результате оценки запасов процессами MODRES, TRIVAL и некоторыми другими мы получаем файлы результатов, то эти файлы для получения таблиц в требуемом виде следует обработать процессом TABRES.

На входе в процесс задается файл результатов оценки запасов.

Далее программа открывает диалог, в процессе которого пользователь задает характеристики для

наиболее удобного табличного представления данных оценки запасов.

Литература

1. Clark I. Practical Geostatistics, Applied Science Publishers Ltd, London 1979
2. Isaaks E.N. and Srivastava R.M. An Introduction to Applied Geostatistics, Oxford University Press, 1989
3. Капутин Ю.Е., Ежов А.И., Хенли С. Геостатистика в горно-геологической практике. Апатиты, ГИ КНЦ РАН, 1995, 190 с
4. Sichel H.S. The Estimation of Means and Associated Confidence Limits for Small Samples from Lognormal Populations. APCOM, 1966
5. Dowd P.A. Lognormal Kriging – The General Case. Mathematical Geology, 1982
6. Newton M.J. Variogram Calculation and Kriging for Folded Deposits. Mineral Resource Evaluation '95 Conference. April 1995, Leeds University, UK
7. Cressie N. Towards resistant geostatistics. – Geostatistics for natural resources characterization. Dordrecht, p.21-44, 1984
8. Давид М. Геостатистические методы при оценке запасов руд. Л, Недра, 1980, 360 с
9. Капутин Ю.Е., Горные компьютерные технологии и геостатистика, Л, Недра, 2002, 424 с

6. Стратегическое планирование. Управление минеральными ресурсами предприятия

6.1. Концепция стратегического планирования

Последние годы в мировой промышленности получило развитие стратегическое планирование производства, которое максимально сближает корпоративные цели и интересы акционеров с задачами производства и ставит вторые в прямую зависимость от первых. Несколько лет назад это направление планирования стало активно внедряться в горное производство. В странах СНГ уже работают горные предприятия (главным образом – с иностранным капиталом), которые начали использовать у себя этот вид планирования. Однако, из-за недостатка информации об

отечественном опыте стратегического планирования ниже приводится обзор ряда иностранных публикаций, посвященных этому вопросу.

Для желающих более подробно исследовать эту область можно рекомендовать общеэкономическую литературу по стратегическому менеджменту, например [1-4]

6.1.1. Определение стратегического планирования[5].

Одной из функций менеджмента является планирование. Если сравнить менеджера с капитаном корабля, то становится более ясной проблема выбора пути. Куда плыть? Ответ на этот вопрос дает стратегическое управление и планирование.

По мере продвижения с низу вверх планирование трансформируется из оперативного в стратегическое. Стратегическое планирование одна из прерогатив высшего менеджмента. Как только принят стратегический план, менеджеры среднего звена выполняют его через оперативные планы.

Стратегическое планирование пытается ответить на фундаментальный вопрос: Где мы хотим быть через год, через два, через три и т.д.? Стратегическое планирование требует разработки видения – какими мы видим себя в будущем? Стратегическое планирование позволяет смотреть на общую картину с долгосрочной перспективой, в то время как оперативные планы представляют определенную тактику выполнения стратегического плана год от года.

Стратегическое планирование – это процесс, во время которого организация отвечает на вопросы:

- Почему мы существуем?
- Какие основные цели организации?
- Какие ресурсы необходимы для успешного развития?
- Кто будет нашими потребителями?

Зачем заниматься стратегическим планированием?

Стратегическое планирование позволяет менеджменту понять текущую ситуацию, и планировать будущее. В мире быстрых перемен стратегическое мышление становится основой успеха. А так как скорость изменений растет, роль стратегического планирования усиливается. Большинство успешно работающих компаний устанавливают непрерывный процесс стратегического планирования. Стратегическое планирование является способом подготовки к будущему за счет попыток его имитации.

Стратегическое планирование имеет тенденцию подводить людей к мыслям о будущем. Это особенно важно, так как многие организации ориентированы на внутренние факторы и сфокусированы на краткосрочных результатах. Стратегическое планирование оценивает организацию в долгосрочной перспективе, в аспектах выживания и развития. Одно из преимуществ стратегического планирования заключается в обеспечении эффективности и роста в долгосрочной перспективе. Другое преимущество - доведение намерений менеджмента (стратегический план) до всех сотрудников компании, акционеров и др.

Сравнение стратегического и оперативного менеджмента

Сравнение стратегического и оперативного менеджмента по девяти признакам представлено в таблице 6.1.

Табл. 6.1. Сравнение стратегического и оперативного менеджмента

Признаки	Стратегический менеджмент	Оперативный менеджмент
Иерархические ступени	В основном на уровне высшего руководства	Включает все уровни с основным упором на среднее звено управления
Неопределенность	Существенно выше	Меньше
Вид проблем	Большинство проблем не структурировано	Относительно хорошо структурированы
Временной горизонт	Акцент на долгосрочные, а также на средне- и краткосрочные	Акцент на кратко- и среднесрочные аспекты

	аспекты	
Потребная информация	В первую очередь из внешней среды	В первую очередь из самого предприятия
Альтернативы планов	Спектр альтернатив в принципе широк	Спектр ограничен
Охват	Концентрация на отдельных важных позициях	Охватывает все функциональные области и интегрирует их
Степень детализации	Невысокая	Относительно большая
Основные контролируемые величины	Потенциалы успеха (например, рост доли рынка)	Прибыль, рентабельность, ликвидность

Ограничения стратегического планирования.

Стратегическое планирование не должно рассматриваться как гарантия будущего успеха. Стратегическое планирование имеет следующие ограничения:

- Стратегическое планирование не является путем принятия будущих решений, т.к. будущее предсказать невозможно. Стратегическое планирование предоставляет общее направление движения, основываясь на наших предположениях.
- Стратегическое планирование не является макетом будущего. Происходит слишком много перемен – меняется рынок, предпочтения потребителей, появляются новые конкуренты, новые технологии, новые возможности, изменяются финансовые условия и т.д. Стратегическое планирование динамичный процесс, восприимчивый к переменам.
- Стратегическое планирование не может разрешить критические ситуации, угрожающие организации. Стратегическое планирование не выведет Вас из кризиса. Организация должна быть стабильна до начала применения стратегического планирования.
- Стратегическое планирование не должно заменять хороших интуитивных суждений. Если организации повезло, и в ней работают хорошие интуитивные мыслители, необходимо быть осторожным с применением формального стратегического планирования.
- Стратегическое планирование не классифицирует всех критических факторов, связанных с организацией. Стратегическое планирование призвано определить наиболее важные вопросы, встающие перед компанией. Фокусируя внимание на основных вопросах, стратегический план минимизирует детали и, таким образом увеличивает шансы успешного применения.

Специальные проблемы, связанные со стратегическим планированием.

В дополнение к ограничениям, стратегическое планирование может поднять новые проблемы организации. Некоторые из них включают:

- Сложность стратегического планирования. Оно требует изменения типа мышления. Стратегическое планирование должно быть созидательным процессом, использующим новые идеи. Многие люди не готовы к такому типу принятия решений. В результате применения стратегического планирования могут возникать новые отношения и роли. Отдельные люди могут быть недовольны этой деятельностью и дополнительными нагрузками.
- Стратегическое планирование требует дополнительных затрат времени, вовлечения новых людей, не говоря о времени на исследования, перераспределение ресурсов, изменения в организации. Все это может утопить хорошие начинания, особенно при недостатке ресурсов.
- Стратегические планы могут быть плохими. Неверные предположения, чересчур оптимистичные прогнозы и другие плохие решения могут привести к неэффективному стратегическому плану. Такой стратегический план может привести к серьезным проблемам в организации.
- Если высший менеджмент не поддержит стратегический план, то применение его становится невозможным, и весь процесс – пустой тратой времени и ресурсов. Дополнительно, может возникнуть внутренне сопротивление коллектива стратегическому

планированию. Люди отказываются от стратегического планирования по разным причинам. (Не имеет смысла, нет времени, не понимаю, почему мы делаем это?).

Так как стратегическое планирование поднимает ключевые вопросы, оно обычно ведет к переменам. Поэтому, важно понять, как произвести перемены. Можно снизить влияние изменений на людей, следуя следующим инструкциям:

1. Допустить помощь и привлечение людей к этим процессам. Если люди участвуют в изменениях, они их лучше воспринимают.
2. Стремиться избежать угрозы безопасности персонала. Если планируемые изменения повлияют на безопасность, это вызовет отказ.
3. Убедиться, что изменения соответствуют предыдущим успешным решениям. Если Вы пытаетесь провести изменения после нескольких неудачных попыток, то шансы на успех будут малы.
4. Убедиться, что все понимают необходимость перемен.
5. Изменения должны основываться на планировании. Они никогда не должны быть экспериментальными.

6.1.2. Организация процесса

Первым шагом стратегического планирования является организация самого процесса. Перед его началом необходимо убедиться в готовности организации к стратегическому планированию. Например, если стратегическое планирование применяется впервые, то нужно начинать эту работу плавно. Возможно, в организации происходит слишком много изменений, и поэтому нужно временно отложить стратегическое планирование. Важно понять, что стратегическое планирование дает лучший эффект при соблюдении следующих условий:

1. В организации отлажена система управления.
2. Организация имеет отработанные каналы коммуникаций.
3. Организация открыта для новых идей.
4. В организации отсутствует господство бюрократии.

Так как не существует единственно правильного подхода, важно определить, что стратегическое планирование подходит для организации. Правильно ли выбран момент? Готов ли менеджмент к процессу? Правильно ли поставлено мышление персонала? Например, если в организации доминируют люди, мыслящие в краткосрочной перспективе, нужно быть осторожным в процессе организации стратегического планирования. Важно, прежде всего, объяснить его преимущества персоналу компании. Как уже говорилось, стратегическое планирование – это процесс подготовки к будущему путем рассмотрения альтернатив развития.

Начало организации

Стратегическое планирование начинается с составления плана, то есть перед началом процесса нужно определить последовательность действий. Для организации процесса нужно рассмотреть несколько вопросов.

- Кто будет заниматься стратегическим планированием?
- Что предполагается сделать?
- Как это будет сделано?

Организация процесса стратегического планирования включает следующие шаги:

- Определение ожидаемых результатов и подробное информирование всех вовлеченных в разработку стратегического плана. Какие вопросы должны быть затронуты в процессе работы? Получение от генерального директора или президента четкой формулировки того, что он ожидает от стратегического планирования. Доведение этой информации до сведения всех участников процесса.
 - Сбор информации для плана, например, миссия организации на данный момент, основные цели, уже выполненные планы. Опрос основного управленческого персонала и определение ключевых вопросов на будущее.
 - Определение цели стратегического плана. Определение периода планирования. В общем случае, времени должно быть достаточно для перевода деятельности организации в

нужное русло. Какова организационная цель плана? Включает ли план всю компанию или только определенные ее подразделения?

- Согласование организации процесса планирования. Определение степени участия групп заинтересованных лиц в этом процессе. Подготовка набора действий, которые будут управлять процессом.

- Завершение формирования команды планирования. Кто управляет процессом?

Распределение ответственности и определение требований к ресурсам.

Подход к стратегическому планированию будет зависеть от организации и менеджмента. Если высший менеджмент не преуспел в прошлом со стратегическим планированием, возможно, подойдет подход снизу-вверх. Если организация маленькая, может подойти создание небольшой команды. Большие организации предпочитают более формализованный процесс с участием широкого круга специалистов. Однако излишняя формализация может снизить уровень соизидательности мышления и новых идей. Процесс должен быть открыт к изменениям.

Цель организации процесса – убедиться в успешной разработке стратегического плана. Сохраняя ориентир на ключевые вопросы и альтернативы, обычно достигают лучших результатов. Не стоит отказываться от использования отдельных суждений и решительных действий. Жестко формализованный процесс может устареть в условиях быстро меняющейся окружающей среды.

Этапы стратегического планирования

1. Выбор управляющего комитета для направления процесса стратегического планирования.
2. Выбор внешнего консультанта для помощи в процессе (при необходимости).
3. Согласование шагов планирования, распределения ответственности, сроков и т.д. Рассмотрение их на совете директоров.
4. Сбор информации у менеджмента по сильным и слабым сторонам компании, ключевым вопросам, возможностям и угрозам в будущем.
5. Анализ текущих планов и миссии компании. Обзор прошлых успехов и неудач за три года.
6. Рассмотрение истории развития членами комитета и советом директоров. Констатация прогресса и текущего положения.
7. Обобщение предыдущих обсуждений и разработка общего плана.
8. Обсуждение варианта плана с функциональными группами, советом директоров и менеджментом. Внесение корректировок и завершение разработки стратегического плана.
9. Окончательное рассмотрение стратегического плана различными группами.
10. Одобрение стратегического плана.
11. Введение стратегического плана в действие.
12. Оценка прогресса через 6 месяцев и корректировка плана.

В завершение, отметим, что каждая организация имеет свои особенности, и процесс стратегического планирования каждый раз будет различен.

6.1.3. Оценка ситуации

Следующим шагом, после организации процесса, становится оценка текущей ситуации. Организация должна определиться – Куда мы идем? Где мы сейчас? Какие есть варианты выбора?

Для оценки ситуации нужно собрать информацию для четкого понимания существующего положения. Это включает в себя: историю развития, критику миссии, анализ сильных и слабых сторон организации, возможностей и угроз. Также важно оценить внешнюю среду – конкуренцию, потребности потребителя, технологические тенденции, демографические изменения. Информация может быть собрана путем проведения исследований, опросов и других аналитических инструментов. Команда планирования проводит ситуационный анализ, следуя следующим шагам:

1. Сбор информации для оценки текущей позиции. Начать с истории развития, текущей миссии, значительных изменений, стадий роста. Сформировать мнение, насколько успешно развивалась организация в последнее время.
2. Оценка сильных и слабых сторон организации. Составление списка наиболее значительных сильных и слабых сторон организации.

- 3 Разработка списка важных возможностей и угроз организации в будущем. Сбор информации о внешних силах, факторах – потребителях, конкурентах, социальных тенденциях, технологии, политике. Если получается слишком длинный список, нужно согласовать до 8 наиболее важных позиций.

Теперь, зная сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, нужно пересмотреть миссию корпорации. Подходит ли она? Должна ли она быть шире или более четко сфокусирована. Хорошая формулировка миссии должна отражать основу того, почему организация существует.

Основным результатом ситуационного анализа становится завершение формирования списка ключевых вопросов. Список из шести, восьми вопросов является основой для подготовки формального стратегического плана. Можно ранжировать вопросы по значимости и актуальности. Например:

Актуальность	< ----- Значение ----- >		
	Высокая	Средняя	Низкая
Высокая	(1)	(4)	
Средняя		(3)	
Низкая	(2)		

1. Диверсификация продукции не удовлетворяет запросам потребителей.
2. Зарубежные конкуренты производят похожие товары по более низким ценам.
3. Потребители заинтересованы в фабричных услугах, а не только в продукте.
4. Недостаток высококвалифицированного персонала.

Ситуационный аудит

Один из вариантов оценки ситуации предусматривает проведение ситуационного аудита. Он представляет собой анализ прошлых, текущих и будущих аспектов деятельности организации – производство, маркетинг, финансы, конкуренция и т.д. Цель проведения ситуационного аудита - определить основные тенденции и события, которые могут повлиять на организацию. Он также предоставляет возможность обсуждения приоритетных вопросов и может помочь начать созидательный процесс при наличии внутреннего сопротивления в организации.

Как и ситуационный анализ, аудит собирает базовую информацию для подготовки стратегического плана – миссия, сильные и слабые стороны, возможности и угрозы, и ключевые вопросы. Ситуационный аудит также включает оценку ожиданий заинтересованных лиц: менеджмента, сотрудников, инвесторов, потребителей и т.д. Оценивается эффективность прошлой деятельности – продажи, доля рынка, рентабельность продукта, потребительские тенденции. Ситуационный аудит похож на ситуационный анализ, но он более формализован и структурирован. Иногда для его проведения привлекаются внешние консультанты.

В основе ситуационного анализа лежит необходимость лучшего понимания происходящего и учет событий. Такой взгляд на внешние и внутренние аспекты деятельности организации приводит к списку шести – восьми ключевых вопросов. До продолжения разработки стратегического плана в соответствии с этими вопросами важно найти их связь со следующим:

- Что мы пытаемся сделать (Миссия)
- Что мы можем сделать (Сильные и слабые стороны)
- Что требуется и что достижимо (Возможности и угрозы)

6.1.4. Разработка стратегического плана

Итак, мы завершили две важные стадии: организация процесса и оценка ситуации. Теперь мы готовы преобразовать ключевые вопросы в формальный план. Можно думать о формальном плане как о пирамиде. Миссия – верхняя ступень пирамиды.

При планировании надо исходить из того, для чего предназначена фирма, в чем состоит ее "миссия" в мире бизнеса. Например, миссия фирмы "Авион" - осуществлять безопасные и прибыльные воздушные перевозки пассажиров и грузов". Миссия фирмы "Московский государственный институт электроники и математики" - готовить студентов и аспирантов в традициях русской системы образования (по соответствующим специальностям).

В наиболее общих терминах стратегическое планирование - средство обеспечения выполнения фирмой своей миссии. Сформулировать миссию фирмы - наиболее важное решение для ее основателей и высших менеджеров. Изменение миссии фактически означает закрытие прежней фирмы и открытие на ее месте новой, пусть даже под тем же названием. Миссия - стержень фирмы, наиболее устойчивая часть ее организма. (Отметим, что фирму надо сравнивать с живым организмом, а не с бездушной мертвой машиной!)

Следующий уровень – конкретизация миссии фирмы с помощью стратегических целей и подбор определенных действий для достижения этих целей. С каждым шагом вниз уровень детализации увеличивается.

Необходимо разработать набор стратегических целей в соответствии с важными ключевыми вопросами. Хотя они и являются основой определения стратегических целей, важно также учитывать следующие критерии:

- Сильные и слабые стороны, возможности и угрозы. С этого можно начать, если не понятно, как подойти к ключевым вопросам. Помните, вы пытаетесь сохранить взаимодействие всех элементов процесса планирования.
- Имеющиеся ресурсы, которые повлияют на то, что можно сделать. Стратегические цели должны разрабатываться, основываясь на оптимальном использовании ресурсов.
- Взаимоотношения между высшим и средним менеджментом. Высший менеджмент обычно устанавливает амбициозные цели, которые трудно достичь на более низком уровне. Поэтому нужно согласовать стратегические цели между высшим и средним менеджментом.
- Эффективность деятельности предыдущих периодов, спроецированная на будущее, должна соответствовать стратегическим целям. Еще раз необходимо проверить соответствие наших возможностей нашим желаниям.

В дополнение к приведенным критериям, стратегические цели должны стремиться к соответствию следующим тестам:

1. Стратегические цели четко поддерживают миссию, направляя организацию в правильном направлении.
2. Стратегические цели реалистичны, достижимы, основываясь на доступных ресурсах, существующей конкуренции, стиле управления и т.д.
3. Стратегические цели приемлемы с позиции исполнителей, в отношении стоимости, времени, персонала и других требований.
4. Стратегические цели могут гибко изменяться при условии наступления незапланированных событий.
5. Стратегические цели достаточно конкретны, чтобы измерить характеристики прогресса.
6. Стратегические цели просты для понимания и определяют ответственность в определенных областях деятельности.

Обкатка (обсуждение) первого варианта стратегического плана может иногда привести к новым идеям, новым вопросам и новым целям. Поэтому, один из важных шагов стратегического планирования – пересмотр и доработка этого варианта. Все должны согласиться с основными направлениями и целями, так как это определит направление развития организации в ближайшие год или два. Необходимо иметь четкий, полный стратегический план, что обеспечит плавный переход к действиям. Следующий важный шаг – разработка оперативного плана. Не следует забывать оценить процесс, чтобы его можно было улучшить в следующий раз.

6.1.5. Применение стратегического плана

Определив общие стратегии на будущее, нужно формализовать их, получив одобрение стратегического плана. Это может вовлечь в работу Совет директоров, менеджмент и другие стороны, привлекаемые к процессу реализации плана. Одобрение стратегического плана ключевыми фигурами показывает, что можно начать его применение. Реализация стратегических мероприятий происходит с помощью оперативного плана.

Оперативный план является пошаговым графиком применения стратегического плана. Он зависит от качества стратегического плана. Если имеют место фундаментальные проблемы в стратегическом плане, то его реализация будет сильно затруднена.

Оперативные планы подготавливаются на краткосрочные периоды (обычно - один год). Одна из важных функций оперативного плана – распределение ресурсов. Если имеет место недостача или избыток ресурсов, стратегический план должен быть пересмотрен.

Оперативные планы должны распространяться на функциональные области, требуемые для выполнения стратегических мероприятий – маркетинг, НИОКР, финансирование, производство, технология и др. Для каждой функциональной области в оперативном плане разрабатывается детальный раздел. Такие функциональные планы содержат:

- Планы изменения размера организации, структуры, персонала.
- Планы реализации активов и инвестиций.
- Планы продвижения, ценообразования и маркетинга продуктов и услуг.
- Планы производственных изменений и задач.
- Планы развития и обучения менеджмента.
- Планы привлечения капитала.

Обычно, функциональные планы подготавливаются соответствующими профессиональными менеджерами. Они не должны включать не подконтрольные им области. Основная задача менеджера - оставаться сфокусированным на стратегическом плане, а не утонуть в деталях. Лучшие оперативные планы имеют тенденцию к минимуму детализации, и исходят из основных задач стратегического плана.

При этом нужно учитывать следующие моменты:

- Оперативные планы обычно подробно распределяют ответственность персонала и определяют его роль в выполнении стратегического плана.
- Оперативные планы изменяются с накоплением опыта и знаний. Часто метод проб и ошибок в этом процессе бывает наилучшим.
- Оперативный план должен быть одновременно четким, чтобы обеспечить достижение стратегических целей, и свободным, оставляя место для гибкости.
- Оперативные планы обычно включают временную шкалу или крайний срок выполнения заданий.
- Оперативные планы должны быть доведены до каждого специалиста, отвечающего за выполнение задания. Если внешние группы могут помочь, следует включить их в процесс выполнения.

Оценка и контроль

Для успешного применения необходимо проводить мониторинг прогресса реализации оперативного плана. Оценка должна проводиться на постоянной основе (ежемесячно, ежеквартально) с определением следующего:

- Какой прогресс достигнут в выполнении задания?
- Что мешает продвинуться дальше вперед?
- Есть ли необходимость вернуться назад и пересмотреть стратегические цели?
- Какие допущения должны быть сделаны в оперативном плане?

Один из методов проведения оценки и контроля – использование бюджетов. Бюджеты используются для распределения ресурсов и координации использования активов. Бюджеты сравнивают результаты со стандартами измерения эффективности. Бюджеты обычно составляются на краткосрочную перспективу (1 год или менее) и покрывают несколько функциональных областей – бюджет маркетинга, производственный бюджет, технологический бюджет и т.д.

Бюджеты должны быть подготовлены, основываясь на следующих критериях:

- Они должны быть просты и легки для понимания.
- Использование бюджетов необходимо для областей, где надо проводить мониторинг.
- Бюджеты не должны превалировать в принятии управленческих решений. Они должны использоваться как орудие управления, а не как путь управления.

Все бюджеты организации в совокупности составляют финансовый план, который является частью оперативного плана.

Одна из проблем, связанная с бюджетами, заключается в том, что они близки к финансам. Стратегический план охватывает многие области, не имеющие отношения к финансам, такие как маркетинг, обслуживание клиентов, производство, управление персоналом. Поэтому, нужно установить систему измерения эффективности для нефинансовых областей. Такой системой может стать *Карта балльных оценок баланса*. Эта система создана применительно к стратегическим планам. Дополнительно, в нее интегрированы основные финансовые показатели. Таким образом, система становится принципиальной для оценки эффективности и контроля выполнения стратегического плана. Как и стратегический план, лучшие системы оценки эффективности являются простыми и управляемыми.

Альтернативные план

Так как перемены являются частью процесса планирования и принятия управленческих решений, часто полезно включить в оперативный план разделы на случай наступления непредвиденных событий. Например, менеджеры низшего звена могут приготовить несколько бюджетов – ожидаемый бюджет, бюджет при росте ниже ожидаемого на 10%, на 20%, и т.д. Такие альтернативы составляются на базе анализа типа “что будет, если..”.

«Аварийные» планы готовятся также как оперативные планы. Они затрагивают краткосрочную перспективу и определяют конкретные действия, которые нужно предпринять. Однако уровень детализации здесь минимизируется, давая лишь необходимую информацию для определения нового направления.

Крупные компании для составления альтернативных планов используют модели-имитаторы. Например, если рост рынка меньше ожидаемого на 5%, то моделируется соответствующая ситуация и рассчитывается влияние этого уменьшения на поток денежных средств. Так как больше количественной информации доступно на операционном уровне, а не на высшем уровне организации, имитация больше подходит для разработки оперативных планов, чем стратегических.

Обновление плана

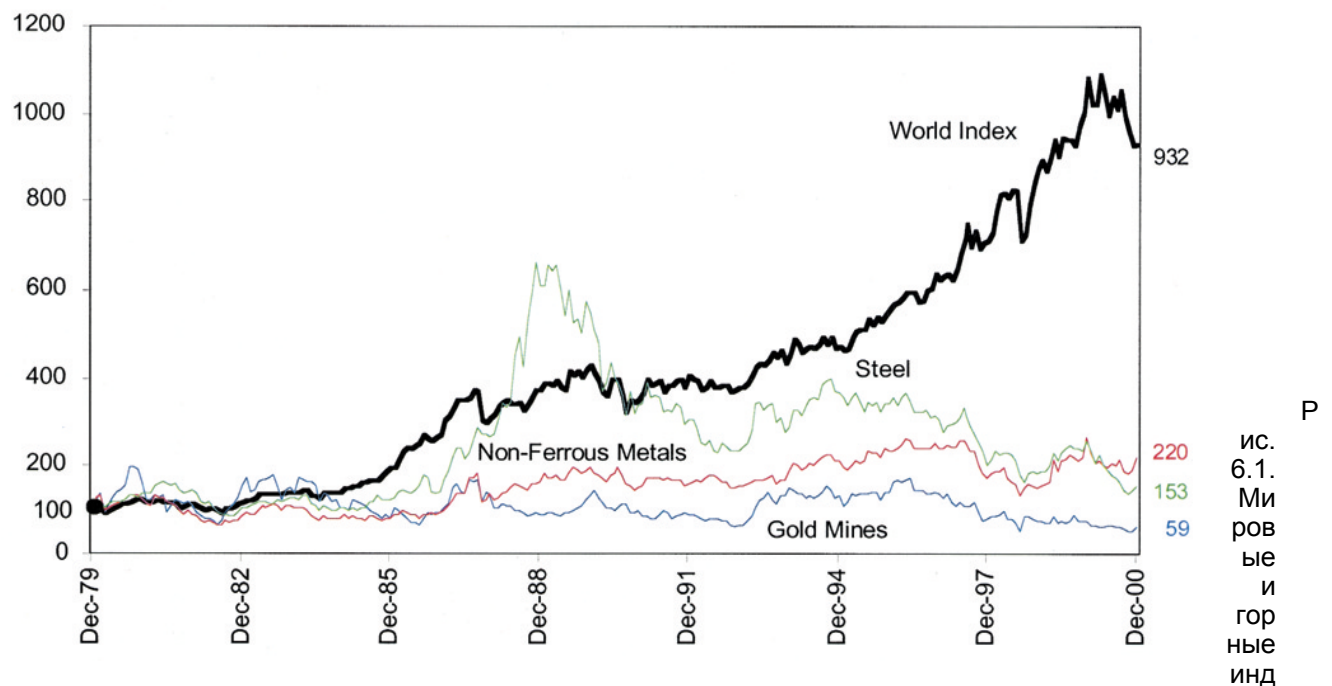
Заключительным шагом процесса планирования является его повтор, то есть обновление стратегического плана. Процесс должен быть динамичным, так как операционная среда быстро изменяется. Как минимум, стратегический план должен обновляться ежегодно, прохождением через весь основной процесс оценки, критических вопросов, целей и т.д. Он будет включать новый персонал, новые прогнозы и новые шаги для решения новых проблем. Также, может понадобиться изменить сам подход к стратегическому планированию. Если стабильная среда стала динамично изменяться, переход от постановки целей к планированию сценариев может повысить шансы на успех.

6.2. Управление минеральными ресурсами предприятия[6]

В последние годы вопросам стратегического планирования горных работ на Западе уделяется большое внимание. Это связано, прежде всего, с неустойчивой работой многих горных производств из-за резких колебаний цен на металлы, топливо, горное оборудование. Большое значение имеет существенный рост объема удельных капиталовложений в горные проекты, который значительно увеличивает их рискованность.

Поэтому все чаще и чаще в печати появляются статьи, посвященные необходимости сближения финансового и технического планирования горных работ, когда основной упор, прежде всего, делается на соблюдении интересов акционеров горной компании.

Горное дело – это одна из наиболее старых областей деятельности людей. Его продукция – важнейшая для современной цивилизации. Парадоксально, но укоренилось мнение, что эта отрасль не может быть прибыльной, по крайней мере – в своей совокупности. Несмотря на технический прогресс в последние годы, прибыльность горной промышленности остается более низкой, чем в большинстве других отраслей. Рисунок 6.1. показывает индексы развития 3-х мировых горных отраслей (черные, цветные металлы и золото) в сравнении с общим мировым индексом производства за 1979 – 2000 годы. Данные включают 23 развитых, 28 отсталых рынков и почти 6 000 компаний.

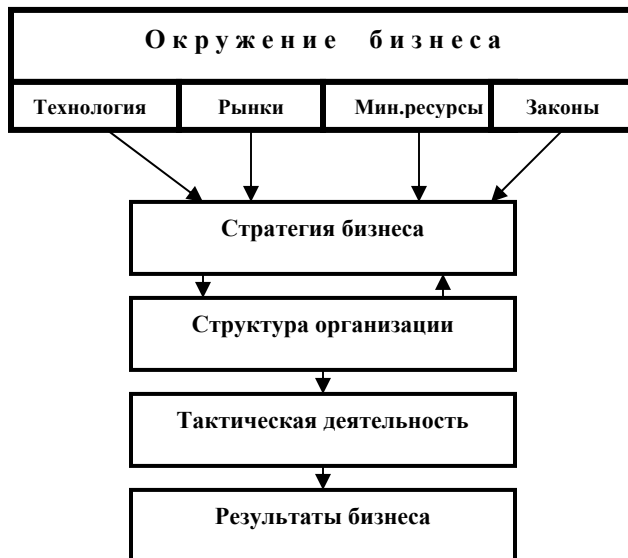


ексы цен (толстая линия – индекс мировой промышленности, далее – сверху вниз: добыча руд черных металлов, цветных металлов, золота)

Среди различных факторов, объясняющих низкую прибыльность горной промышленности, один – критический. Это – недостаточное внимание, уделяемое производством, экономическим принципам, лежащим в основе эксплуатации минеральных ресурсов, и их использованию в управлении горными предприятиями. Для исправления этой ситуации и придания большей важности рассматриваемой проблеме необходимо постоянно уделять внимание УПРАВЛЕНИЮ МИНЕРАЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ КОМПАНИИ (УМР).

Горное производство имеет серьезную специфику, определяемую следующими особенностями:

- Минеральные ресурсы являются единственным богатством горной компании
- Пожалуй, единственным резервом компании, позволяющим прибыльно вести дела в жестких экономических условиях, является грамотное планирование горных работ за счет 2-х основных рычагов:
 - Оптимальной последовательности извлечения горной массы и
 - Гибкого управления основных контрольных параметров – бортовых содержаний компонентов в действующей системе рудопотоков компании



На рис. 6.2. показана концептуальная модель горного бизнеса. Она включает в себя составляющие из различных школ управления: от классического подхода до появившихся недавно теорий. Модель состоит из главных составляющих окружения бизнеса:

- Технологии
- Рыночных условий
- Минеральных ресурсов и
- Юридической основы

Результат бизнеса – это зависимая переменная. Она определяется действиями, получающимися в результате стратегии бизнеса (СБ) и организации производства (ОП),

Рис. 6.2. Модель горного бизнеса находящимися под контролем горной компании. Стратегия бизнеса определяет цели организации и то, как компания намерена

реагировать на ситуацию, сложившуюся в деловом мире. К организации производства относятся такие компоненты как ее структура, управление трудовыми ресурсами и т.д. Главной проблемой является объединение этих 2-х корневых переменных. Утверждается, что оба аспекта должны

быть одинаковы по важности для компании, чтобы с большей вероятностью достичь своих целей. Действительно, рассогласование этих переменных является основной причиной нарушения нормальной работы горного производства.

Стратегия бизнеса

В стратегии бизнеса прежде всего выступает цель организации, которая затем объединяется с возможностями минеральных ресурсов. Эта связь проливает свет на основные экономические принципы функционирования горной промышленности. Эти закономерности затем объединяются с техническими возможностями и составляют стратегию добычи руды.

Цели организации. Основной предпосылкой этого подхода является то, что организация добычи начинается с того момента, когда юридическое лицо, имеющее права на месторождение, принимает решение об его эксплуатации. Это решение предполагает, что выгодней сейчас отработать запасы, чем продать права на них или сохранить их на будущее. В качестве результата такого решения собственник надеется получить прибыль. Таким образом, чтобы работать на конкурентном рынке, главной целью должно быть – получение прибыли, иначе горная компания обанкротится и потеряет права на месторождение.

Следующая цель – максимизировать экономическую величину минеральных ресурсов. В горном деле это возможно только тогда, когда поступающая прибыль и оценка минерального сырья на перспективу максимизируются одновременно.

Горная экономика. Минеральные ресурсы обычно предполагаются невозобновимыми. Это означает, что месторождение содержит ограниченное количество запасов, которое после извлечения не может быть восстановлено. Создание оптимальной стратегии добычи становится поэтому динамической задачей. Это относится к последовательности и темпу извлечения минеральных запасов. На практике это означает управление специфическими техническими переменными, которые важны для компании и, следовательно, – для ее экономики (технология добычи и переработки руды, производительность, последовательность выемки, бортовые содержания, которые определяют рудную часть месторождения).

Время – важная величина в анализе, т.к. единица запасов, добытая сегодня, означает, что на завтра их осталось меньше. Это предполагает, что каждый период отличается, т.к. размер остающихся запасов изменяется по мере отработки месторождения, что иллюстрируется на рис. 6.3.

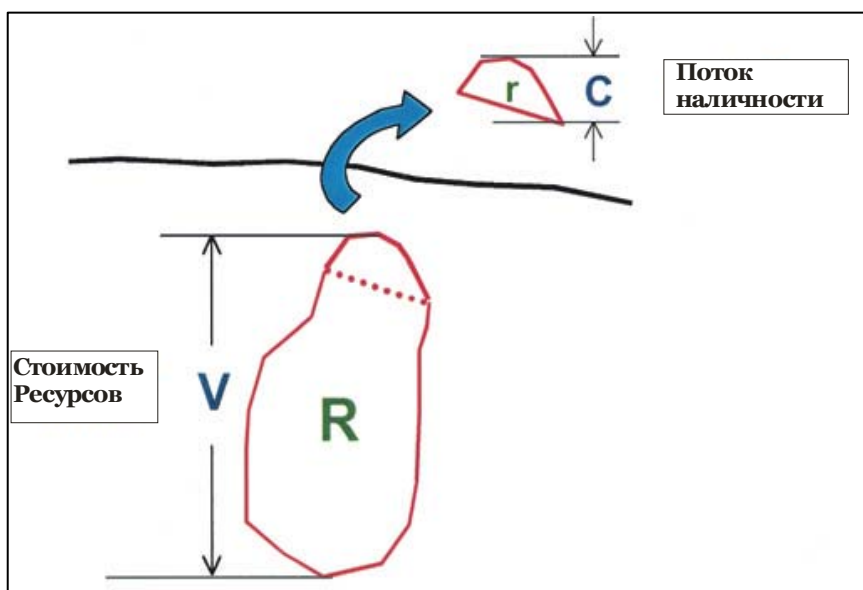


Рис. 6.3. Минеральные ресурсы и их стоимость

их стоимость

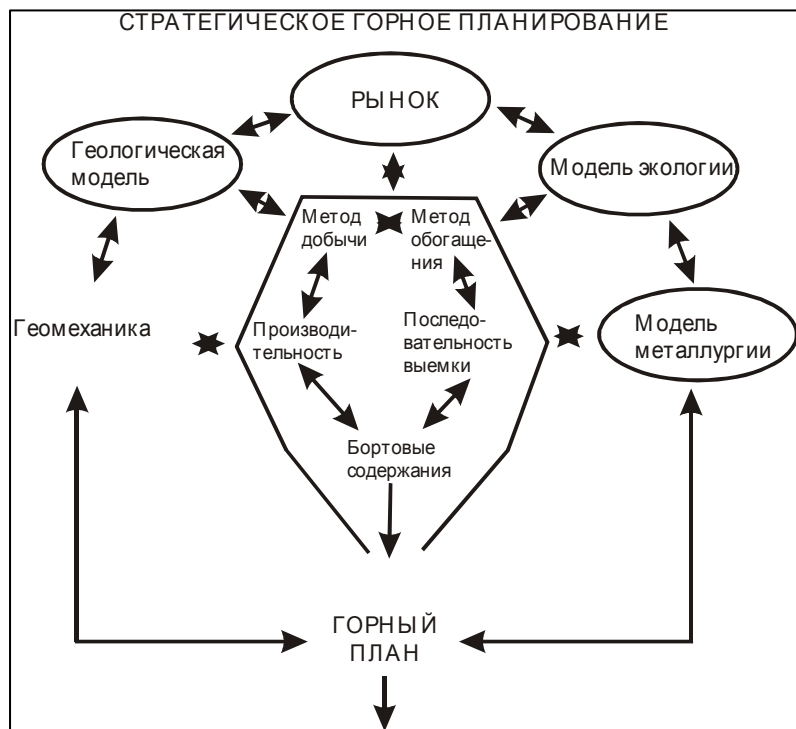
Пусть C на этом рисунке представляет собой поток наличности, который возрастает по мере увеличения доли добытых запасов. Для данной структуры затрат, которая в данном случае зависит от окружения (ситуации) бизнеса (ОБ), поток наличности зависит от принятой на вооружение стратегии. Она воздействует, однако, не только на поток C , но также и на стоимость (present value)

ресурсов в недрах V и на время, которое требуется для отработки части запасов g . Она также определяет момент времени, в который можно отработать следующую порцию руды. Поскольку, это зависимость во времени, то поток C не может быть оптимизирован изолированно от остатка запасов месторождения.

Для решения этой проблемы используется принцип оптимальности известный, как Правило Hotelling. Оно утверждает, что ресурсы должны расходоваться так, чтобы скорость возрастания величины извлеченных запасов была равна ставке дисконтирования k . В соответствии с этим правилом было установлено, что оптимальная стратегия отработки месторождения основывается на ограниченных ресурсах, которые могут быть определены на любой стадии максимизацией выражения (6.1) с учетом переменных, учитываемых в стратегии отработки запасов.

$$v = \text{Max}_{(w)} \{C - F \times t\} \quad (6.1)$$

В этом выражении v – это экономическая прибыль, или величина, добавляемая в результате извлечения части запасов g . Она зависит от Потока C за минусом фиксированных (или зависящих от времени) производственных затрат $F \cdot t$. Эти затраты связаны со ставкой дисконтирования k , present value V и изменениями в ней с течением времени¹.



Величина V также является решающей переменной. Поэтому практический путь одновременно максимизировать v и V идет через рекурсивную процедуру, в которой для V в начале используется случайная величина. Ниже будет показано, как это работает на практике. Следующий пример иллюстрирует, как данное (Hotelling) правило действует в теории.

Предположим, что оценка месторождения составляет \$500 миллионов, ежегодно обрабатывается тоннаж g , и поток наличности в конце года оценивается в \$60 миллионов. Если цена и затраты будут

Рис.6.4. Стратегическое горное планирование

стабильны, то член AV/AT в выражении (1) равен 0, а возможные затраты связаны только с финансовыми потерями от

недополучения дохода от величины V , инвестированной в альтернативные затраты капитала k в течение этого года. С учетом этих предположений для ставки дисконтирования 10% величина v , добавляемая в конце года 1 - \$10 миллионов.

Это на \$60 млн. меньше возможных затрат \$50 млн, которые могли бы быть получены от инвестирования \$500 в альтернативные основные средства в этом году.

В начале следующего года ценность геологических запасов составила только \$490 млн. Следовательно, при тех же условиях величина v , добавляемая в конце второго года - \$11 млн. Это соответствует уменьшению на \$60 млн возможных затрат \$49 млн. В этом случае скорость возрастания величины извлекаемых запасов соответствует ставке дисконтирования. Это – принцип,

¹ $F = kV - AV/AT$, где первый член - прирост капитала, неизбежный в производстве, а второй – изменение существующей ценности ресурсов во времени. Изменение рыночных цен ведет к изменению геологических запасов.

соответствующий времени разработки горной стратегии освоения минеральных ресурсов, хотя на практике расчеты могут быть более запутанными.

Горная экономика определяет способ, которым месторождение должно быть отработано, чтобы максимизировать величину регулярного дохода v , а также перспективную величину V . Эти величины рассчитываются с помощью потока наличности за минусом возможных затрат. Эти принципы оптимизации являются всеобщими и могут быть использованы в любой отрасли, где размеры имущества конечны. В горном деле они должны быть объединены со специфическими характеристиками минерального сырья.

Стратегия отработки запасов. С точки зрения УМР важной чертой минеральных ресурсов является изменчивость и распределение оцениваемых минералов в их границах. Поэтому, в целом добыча может быть рассмотрена как управление 2-мя основными взаимосвязанными процессами: способ и последовательность извлечения ресурсов из недр, а также – отделение оцененного содержания из горной массы.

Горное планирование – основа этого процесса. Оно состоит из 2-х основных составляющих: стратегического и тактического планирования. Первое планирование имеет дело с контролируемыми факторами, которые в основном определяют ценность минеральных ресурсов. Второе связано с эксплуатационными задачами, которые позволяют реально достичь поставленной цели. Оба типа планирования работают совместно. В то время, как первое – формирует стратегию отработки, второе – преобразует ее в конкретные цели производства, которые в свою очередь (с помощью обратной связи) воздействуют на стратегию.

Важной составляющей стратегического планирования является разведка минеральных ресурсов. Другая важная задача – определение и управление пятью переменными:

- Метод (система) отработки запасов
- Технология переработки руды
- Масштаб производства
- **Последовательность извлечения запасов**
- **Бортовые содержания для всего цикла до получения готовой продукции**

Эти параметры взаимно переплетены и не могут рассматриваться изолированно. Кроме того, все они должны определяться с учетом возможных затрат, рассмотренных ранее. На рис. 6.4 показана модель, объединяющая все упомянутые стратегии планирования.

Т.к. управление этими переменными носит динамический характер, стратегическое планирование - действительно непрерывный процесс. Он должен продолжаться в течение всей жизни компании, но имеет специфику на стадиях разведки и эксплуатации месторождения. Продуктом его является план отработки всех запасов, который отражает момент начала работы, а также изменение тоннажа и содержания в течение всего срока отработки.

Этот перспективный план является критическим для ТЭО (Feasibility Study), т.к. он отражает стадии развития и в конечном итоге – ценность всего проекта. **На стадиях производства указанные переменные должны периодически (в рамках стратегического планирования) пересматриваться и по мере необходимости изменять свои параметры.** Например, бортовые содержания должны по возможности немедленно корректироваться при изменении цен на металлы и геологической ситуации по месторождению. Другие параметры должны также быть перенастроены, т.к. информация о месторождении увеличивается, а рыночные условия изменяются. Эти переменные, ранжированные по степени гибкости:

- последовательность извлечения запасов,
- методы добычи и переработки руды,
- производительность рудника.

Проектирование организации

До этой точки УМР было сфокусировано на стратегии горного бизнеса, т.к. эта проблема является его ядром. Но этот процесс может оказаться трудным, даже невозможным, когда организационная проблема надлежащим образом не решена. Эта проблема заключается в организации людей для осуществления стратегии бизнеса при создании компании и последующем улучшении этой организации в течении всей ее жизни.

Проект организации имеет большое значение в достижении целей компании. Он должен хорошо сочетаться со стратегией бизнеса, по крайней мере, в 4-х аспектах:

- организационной структуре,
- системе поощрений,

- системе контроля деятельности и
- методах отбора и обучения персонала.

Организационная структура. Традиционно, горная компания – это гибридная организация. Она состоит из ряда функциональных областей, выполняющих технические действия, и отдельного штата для управления персоналом и финансами. В этой структуре горное планирование часто выполняется с помощью технических подъязычек, которые неформально взаимодействуют с другими единицами (рис.6.5).

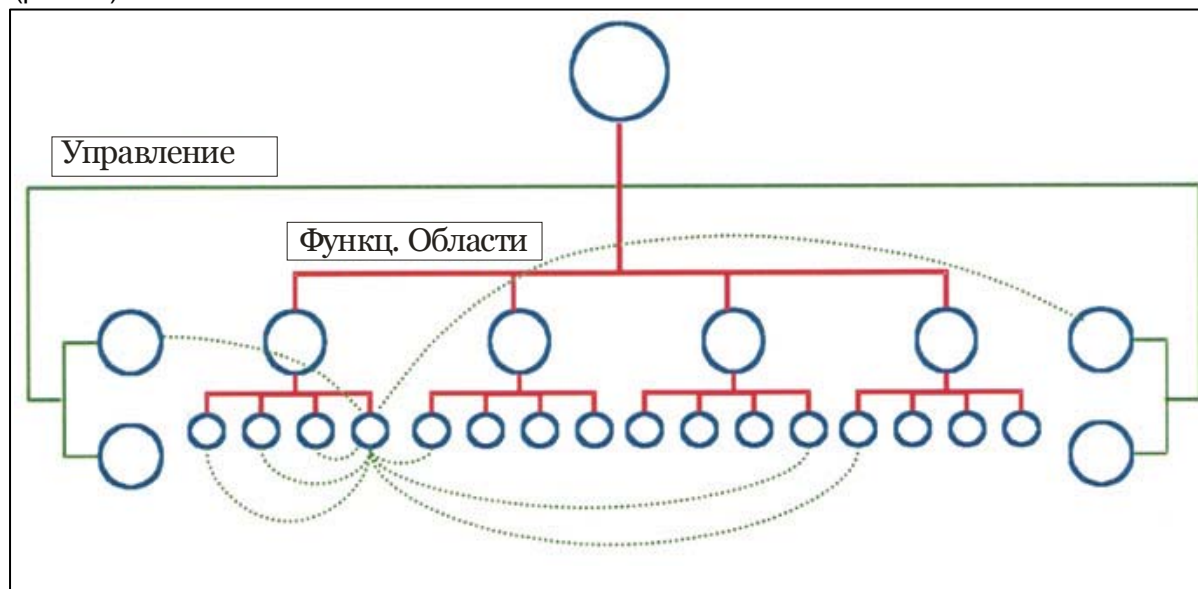


Рис. 6.5. Горное планирование в традиционной горной организации

Чтобы выполнять рассмотренные выше стратегические задачи необходимо создать специальную единицу, работающую в верхнем слое традиционной структуры. Такая структура является адаптивной, часто встречающейся в консультационных компаниях, где опытные профессионалы имеют большую самостоятельность и небольшой контроль за своей работой. Схематическое изображение этой структуры показано на рис. 6.6.

Доказательство в пользу такой структуры основано на так называемом законе планирования Грешама., который утверждает, что текущая (повседневная) или эксплуатационная деятельность всегда вытесняет стратегическую. Поэтому предлагаемая структура - попытка выделить особые важные критические задачи, которые вероятно упускаются в горных компаниях.

Важнейшая задача этой новой единицы – выполнять стратегическое планирование и контролировать выполнение этих планов. Эта задача должна выполняться в соответствии с корпоративными целями, существующими производственными возможностями и доступными ресурсами. Чтобы гарантировать легкого функционирования этой группы, ее работа должна контролироваться постоянной комиссией во главе с высшим руководством, включая руководителей функциональных единиц и других уместных должностных лиц (рис. 6.6).

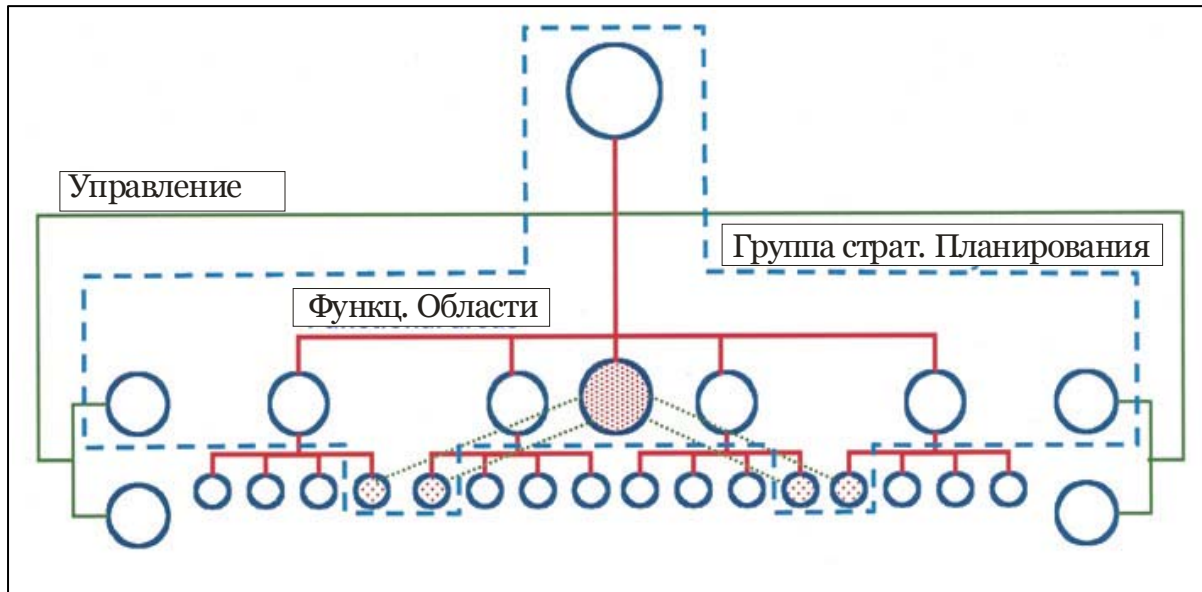


Рис. 6.6. Предлагаемая организационная структура горной компании

Такая организационная форма помогает избежать недостатков, свойственных чисто функциональной группировке, которая неспособна эффективно решать комплексные проблемы координации, оценки деятельности и формирования политики. Кроме того, она также гасит проблемы разделенных групп. Это – недостаток объединения технических аспектов, не всеобщих, но свойственных горному производству. Фактически такая форма организации использует преимущества обеих форм группирования, т.к. она использует функциональную группировку для решения технических проблем, требующих специализации, и разделенную группировку – для управления взаимодействием подразделений.

Система премирования и штрафов. Эта система должна поддерживать стратегию бизнеса и не противоречить уже существующей структуре. Бизнес Стратегия указывает, что организация делает, какие способности необходимы для работников и требуемое количество работы каждого для достижения цели. Структура организации, с другой стороны, характеризует, как фирма подразделяет работу и распределяет права принятия решений. Все эти аспекты должны находиться в гармонии с системой оплаты (поощрения), когда организация достигает своих целей.

Схемы оплаты должны быть спроектированы так, чтобы соответствовать политике организации. На практике это означает, что система оплаты настроена на выполнение работником своих обязанностей. Это радикальное изменение по сравнению с традиционными системами премирования. Они фиксированы и основаны на допущении, что цели работников совпадают с целями организации. Суть объединения уровня оплаты с выполнением работы основана на предположении, что работники не будут способствовать долгосрочным экономическим достижениям, если не будет реализована соответствующая структура управления и задействованы экономические стимулы.

Идея состоит в том, чтобы управляющие чувствовали себя владельцами компании. Т.е. они должны эффективно добиваться как краткосрочных, так и перспективных целей. Такой интегральный подход особенно эффективен во время создания стратегии разработки месторождения. Такое преобразование управляющих в собственники, конечно, не является непосредственным. Оно подразумевает создание соответствующей схемы премирования, которая балансирует 4 простых, но иногда противоречивых цели:

- Уравнивание. Создает управляющим стимулы, чтобы они думали и действовали, как собственники и могли выбирать альтернативные решения, а также стимулы для стратегических решений и возможности инвестирования, которые увеличивают прибыль компании
- Рычаги для деятельности. Создает управляющим стимулы концентрировать взгляд на перспективе, не бояться риска и принимать неприятные решения, такие как закрытие производств (временно или постоянно) и сокращение персонала для максимизации прибыли акционеров.

- Сохранение рабочих мест. Гарантированная занятость управляющих даже при экономических спадах
- Затраты акционеров. Ограничение затрат на управление в пределах традиционных затрат для сохранения доходов акционеров.

В горной компании схемы премирования некоторых ключевых персон могут быть основаны на предоставлении им акций или опций компании. Если это невозможно, то они могут быть связаны с получением компанией прибыли.

В этом случае, чтобы удержать их от краткосрочных действий, которые вредят достижению целей компании и стимулировать перспективные действия необходимо иметь резервы для премирования. Это может быть какой-то счет в банке, управляемый фирмой, который работает как сберегательный. Идея состоит в том, чтобы часть зарплаты отправлять на этот счет. Он может увеличиваться или уменьшаться в зависимости от результатов работы компании. Цель этого – фильтровать большие премии и задерживать вознаграждение от текущих успехов до тех пор, пока акционеры не получат действительной прибыли.

Важно подчеркнуть, что не только деньги поощряют творческий потенциал людей. Скорее – это чувство собственности того дела, которому они отдают силы.

Техническая и контрольная системы. Термин система относится к механизмам управления деятельностью, которыми должна обладать любая фирма, чтобы работать эффективно. Это также включает специальные инструменты, требуемые для УМР. Они предназначены, чтобы облегчить задачи разработки, выполнения и контроля горной стратегии.

Первая группа систем – технические. Они предназначены для сбора, редактирования и работы с поступающей геологической информацией, которая является критической при горном планировании. Текущие коммерческие действия не могут решить всех многочисленных проблем в жизни горного производства. Но они могут помочь в развитии горных стратегий.

Другая группа систем связана с поступающей финансовой информацией о состоянии дел и об индивидуальных премиальных счетах. Почти все горные решения, включенные в стратегическое горное планирование, предусматривают возможные издержки. Они учитываются в NPV, как производственные и капитальные затраты. Они всегда должны быть в уме у планировщика. Поскольку эти концепции выпадают из общепринятых принципов бухучета, то требуется обычно некоторое урегулирование используемых методов. Традиционный финансовый отчет – это формальная оценка того, что фирма сделала в прошлом, хотя УМР предполагает в большей мере заботу о будущем.

Подбор, обучение и подготовка кадров. Это направление является критическим в проектировании организации. Схемы премирования также являются важными, т.к. они влияют на поведение людей в организации. Это также важно потому, что в результате создается команда, крепко связанная с компанией. Это же может быть сказано и о других переменных модели бизнеса. Таким образом, хорошая деловая стратегия – это нормальная организационная структура и надлежащая система контроля и управления действиями организации, чтобы были все условия для повышения инициативы и творческого потенциала людей.

Потребность в обучении и развитии персонала кажется ясной. Много горных фирм, однако, недооценивают требования обучения при модернизации горных объектов. И они не в состоянии использовать соответствующие системы и методы, чтобы поддержать более высокие требования обучения. Горные фирмы, поэтому, должны знать, что потребности обучения находятся вне проблемы запуска нового оборудования или технологии и что людям нужно преподать навыки, которые помогут коллективу развиваться через какое-то время.

Один из ключевых аспектов управления минеральными ресурсами – подготовка квалифицированного персонала. Это утверждение уместно не только для корпоративной горной промышленности, но также и для образовательных учреждений, которые готовят горных профессионалов и для правительственных агентств, которые регулируют данный сектор.

Горная промышленность в целом сосредотачивает слишком большое внимание на технических аспектах. Это не позволяет уделять достаточно времени управленческим аспектам бизнеса, хотя для получения преимущества от УМР горная компания должна прежде всего обеспечить себя высокими профессионалами. Это естественно занимает какое-то время, поэтому горные компании должны искать подходящих профессионалов на стороне и осуществлять специальные программы обучения для подготовки собственных кадров.

В связи с этим желательно, чтобы нетехнический персонал компании понимал технические проблемы производства, а горные профессионалы должны больше заниматься экономикой и управлением. Это нужно для того, чтобы яснее понимать цели и задачи горного бизнеса.

В любом случае процессы такого обучения должны начинаться с верхних этажей управления компаниями. Это должно способствовать появлению у руководителей возможностей реально способствовать УМР.

Заключение

Цель рассмотренного здесь подхода - помочь горным компаниям стать более продуктивными и прибыльными. Концепция УМР соответствует этой цели, т.к. она может быть инструментом для освоения резервов, присущих горному делу, но которые явно не видны из-за преобладания господствующих в отрасли представлений.

Вероятно, самый значительный факт, который следует крепко усвоить - это правильное определение прибыли горной компании. Как показано выше, прибыль, или добавленная стоимость – это не стоимость геологических ресурсов, которую собственник может получить и без горных работ. Скорее, это – стоимость, которую горная компания добавляет к геологической ценности запасов за счет изобретательности и интеллекта. Чтобы преуспеть в решении этой задачи, горные руководители должны понять, что горное дело – специфический бизнес, который требует дополнительной организаторской функции – УМР. Рынок всегда вознаграждает те компании, которые не только интенсивно работают, но работают разумно.

6.3. Горное планирование и перспективные цели компании[7]

Введение

Цель этого раздела состоит в том, чтобы попытаться перевести "Корпоративные Цели" горной компании в практические руководящие принципы, годные к употреблению для долгосрочного горного проектирования и планирования производства. Эти руководящие принципы обязаны гарантировать, что действия и свойства развития разработаны и экономически ранжированы во времени, имея в виду "текущие" Корпоративные Цели. Вторых, если и управление, и горные инженеры лучше понимают причины и эффект корпоративной политики, то штрафы и риски, связанные с различными Корпоративными Целями, помогут создать лучшую перспективу для управления.

Корпоративные Цели, как руководящие принципы, годные к употреблению для текущего и/или долгосрочного горного планирования, могут быть сформулированы следующим образом:

1. Максимизация извлечения экономически целесообразной части геологических ресурсов, и, следовательно, максимизация общего недисконтированного потока наличности проекта и прибыли (самый обычный подход в горном планировании),

2. Максимизация NPV потока наличности, остающегося после уплаты налога, каждого существующего или предложенного проекта индивидуально или совместно с другими проектами, включая возможности дальнейшей переработки руды,

3. Ограничение краткосрочных и долгосрочных капиталовложений определенными рамками,

4. Максимизация выпуска продукции для существующих средств производства в ближайшей перспективе, или наоборот, поддержание товарного производства на постоянном уровне для ряда лет.

Каждая корпоративная стратегия может быть достигнута с помощью уникального горного плана. Доступные извлекаемые запасы, форма, последовательность и график стадий добычи, и стратегии бортового содержания должны быть так спроектированы, чтобы максимизировать или минимизировать параметр, выделенный в заявленной корпоративной цели. Процесс оптимизации одного параметра не обязательно будет оптимизировать другие возможно зависимые корпоративные цели. Поэтому, для каждого оптимального горного плана должны быть количественно определены соответствующие стимулы, чтобы управление могло принимать сбалансированные и компетентные решения.

Здесь может использоваться подход, который помогает разъяснить возможные решения и риски и состоит в том, чтобы разделить основные горные технические задачи на четыре группы;

- 1 Развитие жизнеспособной стратегии бортового содержания (борта) для использования в последующих задачах,
- 2 Определение характеристик доступной минеральной базы для обоснования возможного размера проекта.
- 3 Оптимизация последовательности извлечения запасов или ряда этапов горных работ (pushbacks) , и

- 4 Создание календарного графика производства, который объединяет стратегию борта с известным диапазоном целей, средств и возможностей стадии переработки руды.

Рассмотрим каждую из стадий планирования более подробно.

Бортовое содержание

Один из самых важных критериев в развитии горного плана для выполнения специфических корпоративных целей – это выбор соответствующего бортового содержания. Этот выбор должен соответствовать доступным запасам месторождения, оптимальной последовательности их извлечения и графику производства.

Максимум извлекаемых запасов определяется, используя внутренний борт (Internal cutoff grade), который соответствует руде с низким содержанием металла, но которого достаточно, чтобы покрыть все затраты на переработку и общие административные расходы. Затраты на добычу исключены в этом вычислении, так как предполагается, что такая руда должна быть добыта, чтобы вскрыть высокосортную балансовую руду в карьере. Использование внутреннего борта производит наибольший эффект на поток наличности после вычета налогов, но не обязательно дает положительную NPV.

Безубыточный борт (breakeven cutoff grade), который исторически использовался для горного проектирования, рассчитывается включением затрат на добычу руды, и поэтому он всегда выше чем Внутренний борт. Затраты на добычу руды обычно повышаются с глубиной карьера, и следовательно, Безубыточный борт – это ряд увеличивающихся значений.

Стратегии борта, которая максимизирует NPV проекта, обычно начинается на высоком уровне и затем снижается в течение времени, достигая Внутреннего борта к концу жизни рудника. Чем выше норма дисконтирования или более выгодные горно-технические условия, тем больше различия между начальным и заключительным бортами. Этот подход иногда упоминается как уменьшающаяся стратегия борта,

Извлекаемые запасы

Большинство проектов оптимальных карьеров используют алгоритм плавающего конуса или подобные ему компьютеризированные методы, чтобы максимизировать извлечение экономической части геологических ресурсов, что соответствует первой корпоративной цели - максимизировать извлекаемые запасы и поток наличности проекта. Извлекаемые запасы – это запасы с содержаниями выше определенного борта, который принесет достаточный доход, чтобы произвести положительный поток наличности, остающийся после уплаты налога, но не обязательно - положительный NPV. Самый низкий борт, при котором поток наличности больше не увеличивается, - это Внутренний борт. Независимо от того, какой борт используется для определения общих доступных запасов, полный проект карьера должен быть выполнен с оценкой всех производственных и поддерживающих капитальных затрат, требуемых для продолжения добычи и переработки руды в конце жизни рудника. Во-вторых, даже с использованием внутреннего борта, заключительное (последнее) приращение запасов в борту карьера должно иметь положительную ценность.

Проектирование этапов отработки (Pushbacks). Последовательность извлечения запасов.

Третья стадия горного планирования – это обоснование ряда последовательных этапов отработки (pushbacks), вписывание в карьер автодорог, обеспечение достаточного доступа между стадиями отработки и расчет углов откоса бортов карьера для большей безопасности работ. Эта стадия используется, чтобы определить экономическое ранжирование каждого pushback, основанное на анализе потока наличности и порядка отработки запасов.

Экономическое ранжирование pushbacks, стремится в самом начале максимизировать потоки наличности и минимизировать эксплуатационные расходы на единицу изделия. Большинство используемых методов имеющих обыкновение оценивать последовательность извлечения запасов, состоит в том, чтобы начать отработку с низкой себестоимостью добычи (для начального участка карьера), и прогрессивно увеличивать ее при переходе к новым оболочкам карьера. Тогда внутренние оболочки будут базироваться на использовании высокого борта, который далее будет уменьшаться с соответствующим увеличением затрат для внешних оболочек. Эта процедура действительна, если план добычи предусматривает использовать более высокие борта на первом этапе графика производства.

Однако, если используется фиксированный борт, то формы карьера в дальнейшем не будут оптимизироваться для этого специфического борта. Плавающий конус, который использует алгоритм расчета с постоянными затратами, должен использоваться вместо этого, чтобы произвести набор оболочек карьера. Во всех случаях стадии (этапы) добычи должны быть проверены в конце оптимизации графика производства, чтобы гарантировать, что используемые в них борта сопоставимы.

Обычно предполагается, что законченные этапы в самом начале работы рудника будут максимизировать потоки наличности и NPV проекта. Однако, улучшение NPV – это дополнительная льгота, и поэтому обычно проект не будет максимизировать NPV. Чтобы модифицировать проектирование стадий с целью действительно максимизировать NPV

проекта, необходимо использовать временную ценность денег и определить форму последовательных pushbacks, а в определении борта использовать лучший из полученных графиков производства. Соответствующие формы этапов (pushbacks) могут быть определены с применением дисконтирования чистых затрат или чистого дохода, связанного с каждым уровнем в блочной модели. Элемент задержки затрат во времени между выемкой вскрыши и добычей руды, перенесенный в будущее, может моделироваться, применяя дисконтирование к каждому уровню блочной модели.

Например, если горные работы были ограничены одним уступом в месяц, то при 12%-ой ежегодной норме дисконтирования полные чистые затраты для удаления вскрыши или пограничной со вскрышей зоны руды будут обесцениваться на 1 % для каждого уступа ниже верхнего уступа в этой стадии. Это был бы грубый метод моделирования затрат, связанных с временной ценностью денег, и следовало бы более точно моделировать их с помощью повторяющихся шагов экономической оценки каждого блока модели в соответствии с предварительно определенным графиком производства. Но это - более тяжелая задача, однако, выгоды от ее решения могут быть существенны при определении и границ карьера, и формы оболочек внутренних стадий.

Этот подход может также использоваться, чтобы оценить изменения NPV, вызванные увеличением или уменьшением объемов руды в каждой стадии. Тогда могут использоваться денежные оценки блоков, чтобы определить размер карьера и форму последовательных стадий, которые формируют основу графика производства, который может максимизировать NPV проекта,

Календарное планирование

Заключительная стадия горного планирования подразумевает создание оптимизированного графика производства – календарного плана, который соответствует Корпоративной Цели. Это достигается, прежде всего, определением доступной руды на каждом этапе (pushback) для определенной стратегии борта. Корпоративная Цель и выбранная стратегия борта - чрезвычайно зависимые понятия. Полная (за всю жизнь проекта) прибыль до вычета налогов, извлекаемые запасы, и полученный металл, максимизируются с использованием внутреннего борта. Так как использование безубыточного борта в планировании производства не связано с максимизацией или минимизацией каких-нибудь параметров, то этот борт в этом случае может игнорироваться.

K. F. Lane разработал в начале 1960-ых метод для точного определения лучшей стратегии борта с целью максимизировать NPV проекта (до вычета налогов), использующий набор стадий отработки, экономические параметры и ограничения производства. Производственные ограничения, используемые этим методом:

- мощности горного производства и переработки (т.е. мощность ОФ) и
- рыночные или товарные ограничения выпуска продукции

Для каждого из этих трех ограничений может быть разработана своя оптимальная стратегия борта, чтобы соответствовать определенным экономическим параметрам, включая товарную цену и норму дисконтирования (учетную ставку). Чем выше ставка и/или себестоимость руды, тем больше различие между начальным бортом и внутренним бортом. Теория Lane максимизирует NPV проекта с помощью колебаний борта, чтобы максимизировать ежегодные потоки наличности с более высоким весом (как функция используемой учетной ставки) для более ранних потоков наличности, создаваемых графиком производства.

Обычно, план начинает обогатительную часть проекта с относительно высоким бортом и понижает его через какое-то время, чтобы снизить до внутреннего борта к последнему году жизни проекта. Эта стратегия максимизирует начальные потоки наличности, товарное производство и NPV проекта для данного набора экономических и технических параметров. Борт и соответствующее ему товарное производство уменьшаются в течение времени, потому что ежегодные затраты, определенные из NPV будущих потоков наличности и используемые в вычислении борта, уменьшаются каждый год.

Однако, должно быть отмечено, что теория Lane полностью не распространяется на:

- разные используемые методы переработки того же самого типа руды (например, обогащение и/или выщелачивание золота или медных руд),
- эффект влияния налогов на стратегию борта,
- предположение, что последовательность извлечения была также разработана, чтобы максимизировать NPV проекта, и
- выгоды от складирования низкосортных руд для переработки в будущем или параллельной переработки методами с низкими затратами и извлечением.

Необходимо отметить, что упомянутые выше обязательные стадии стратегического горного планирования являются взаимозависимыми.

Следовательно, если в течение четвертого шага в календарном плане используется другой борт чем на стадии три, то это может лишить созданный проект законной силы. Степень различия может быть незначительна, однако, задача создания лучшего проекта для указанной Корпоративной Цели не будет достигнута. Пример этого - использование более высокого борта в календарном планировании, чем борт, используемый в определении последовательности извлечения. Низкосортная руда, которая предварительно по плану добывалась из карьера, больше не может классифицироваться как руда, и следовательно форма стадии (этапа) больше не будет действительна, что приведет к уменьшению доходности и уменьшению NPV проекта,

Другая область, требующая упоминания, - обычный метод, используемый в экономических оценках, чтобы оценить чувствительность проекта к изменениям эксплуатационных расходов, затрат капитала, параметров извлечения, и товарных цен. Эти параметры изменяются в модели потока наличности, чтобы определить их относительное финансовое воздействие на возможные инвестиции без рассмотрения эффекта этих изменений на весь горный план и график производства. Например, понижение товарной цены, уменьшение извлечения или увеличение затрат будет уменьшать доступное количество запасов, поднимать борт и, следовательно, - содержание в рудопотоке, а также изменит форму добывающих стадий.

Экономический анализ чувствительности проекта к изменениям этих параметров, не пересматривая горного плана, слишком высоко оценит отрицательное воздействие рисков, и будет недооценивать доходность проектов при улучшении их параметров. Компании, используя эту процедуру оценки чувствительности, будут поэтому делать будущие инвестиционные решения более консервативными.

Следующая таблица иллюстрирует фундаментальные различия между стратегией максимизации доходности и ресурсной базы и стратегией максимизации NPV. Пример взят из оценки обычного медно-порфирирового месторождения с использованием стандартной технологии обогащения и технологии SX-EW.

	Максимум Запасов	Максимум NPV (1)
Общие запасы, Млн т	620	500
Ср. содержание (%TCu)	0.62%	0.70%
К-т вскрыши (т/т)	1.0	0.8
Извлеченная Cu ,т	3,000,000	2,700,000
Общая Cash Flow (Млн)	\$500	\$350
NPV (Млн)	\$60	\$110
%IRR	14%	20%
Жизнь проекта, лет	25	16

- Примечания: (1) Этот случай предполагал, что низкосортная руда добыта в конце жизни рудника.
(2) Оба проекта использовали те же самые мощности переработки руды.

В ценовом анализе чувствительности этих двух концепций, второй вариант будет давать больший доход из-за более высоких цен. Это произойдет, благодаря тому, что более выгодный горный план производства даст большую начальную прибыль из-за большого различия между внутренним бортом и оптимизированным бортом. Это в свою очередь означает большее товарное производство в первые годы, что также увеличивает различие в NPV этих двух подходов.

В заключении должно быть подчеркнута, что, если Корпоративная Цели состоит в том, чтобы максимизировать NPV проекта, то, чтобы действительно достигнуть этой цели, в определении доступных запасов руды для создания календарного плана производства должна быть включена временная ценность денег, формы последовательных этапов (pushbacks) и лучшая стратегия борта.

6.4. Производительность труда и стратегическое планирование [8]

Введение

Цель горной промышленности состоит в том, чтобы извлечь экономически оправданную часть минерального сырья, и горный инженер каждый раз сталкивается со сложной задачей правильно

спроектировать (спланировать) горные работы при оценке нового рудного тела. При этом надо стремиться достигнуть оптимального проекта при удовлетворении нескольких конкурирующих критериев. Предусматривается соединение людей, оборудования и складов для того, чтобы построить горную инфраструктуру и произвести продукцию, которая будет продана клиентам. Это делается с помощью соответствующих методов и графиков.

Вообще говоря, доллары, потраченные на горную инфраструктуру и оборудование до момента начала производства, классифицируются как капитальные затраты. Последующие закупки дорогого горного оборудования также обычно классифицируются как капитальные затраты в соответствии с используемыми налоговыми законами. Все другие потраченные на производство доллары расцениваются как производственные затраты.

Обычная практика – объединить доллары дохода и доллары затрат в анализе дисконтированного потока наличности, расчете различных значений NPV, внутренней нормы прибыли и времени возврата кредитов. Эти критерии вместе с объемом рискованных капвложений и возможным извлечением компонентов из рудного тела помогут горнякам решить, продолжать горные работы или нет.

Если выводы благоприятны, то строительство горного предприятия будет начато. Будут сформированы планы и бюджеты, и системы учета начнут учреждать и контролировать производство и финансовые потоки.

Управление компании будет использовать планы, бюджеты и системы учета, чтобы помочь стратегическому распределению оборудования, капитала и ресурсов горного производства, чтобы в итоге достигнуть критериев бизнеса, которые были установлены. Новый инструмент, который поможет управлению в этой работе - учет производительности труда (ПТ).

КОНЦЕПЦИЯ УЧЕТА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ

Все, что мы имеем – это система, где доллары тратятся на покупку ресурсов на входе, и готовая продукция, которая продается за доллары. Будут сформированы три подсистемы и общая система учета производительности. Эти три подсистемы:

- Прибыль (то есть доход минус затраты),
- Производительность
- Ценовое возвращение (price recovery)

Взаимосвязь между этими подсистемами может быть показана на фигуре 6.7, известной как девять блоков, в которой центральный ряд показывает, как прибыль может быть лучше понята с учетом ее связи с производительностью и ценовым возвращением.

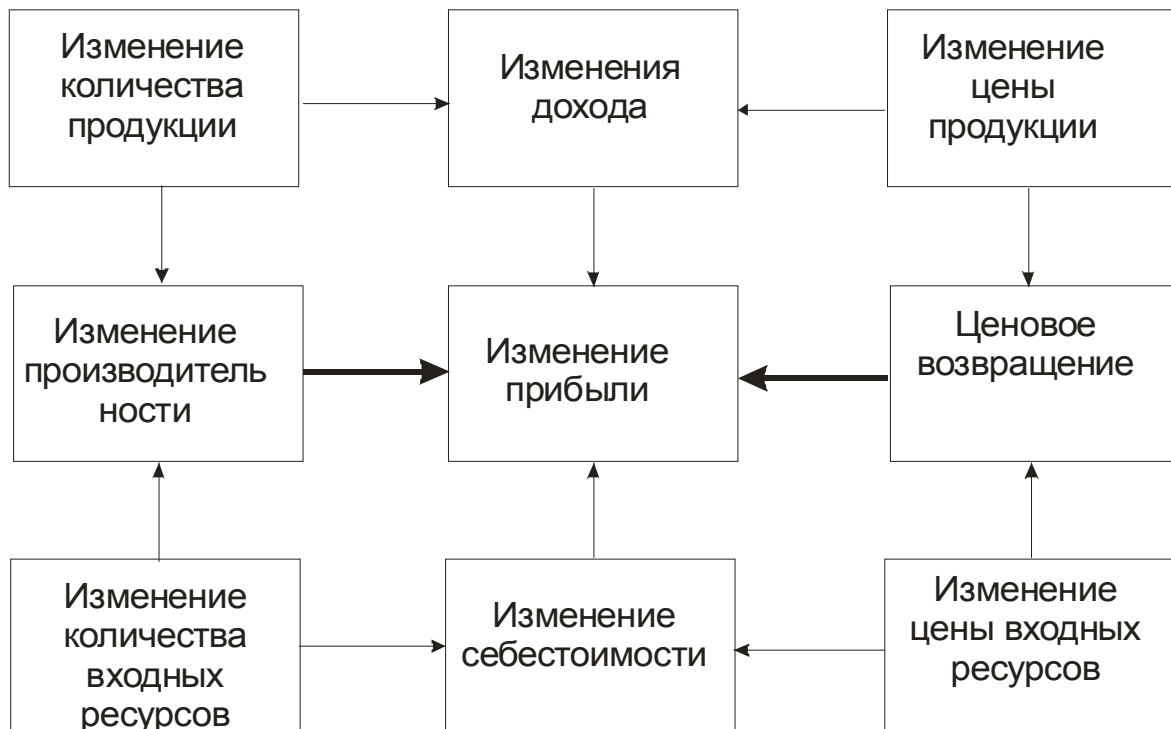


Рис. 6.7. Концептуальная девятиблоковая диаграмма.

Эти 9 блоков, схематически изображенных на фигуре 5.7, отражают концепцию учета производительности. Из диаграммы очевидно, что доллары прибыли могут происходить как от вклада долларов производительности, так и от вклада долларов ценового возвращения. Чтобы вычислить конкретные долларовые вклады, используются детерминированные уравнения. Основополагающее уравнение

$$V = Q \times P \quad (6.2)$$

Где:

V – долларовое значение параметра

Q – количественное значение параметра

P – цена параметра

В бизнесе доход от продажи продукции и производственные затраты могут быть связаны уравнением 2,

$$\frac{\text{Доход}}{\text{Себестоимость}} = \frac{\text{Количество_продукции}}{\text{Количество_ресурсов}} \times \frac{\text{Ср.Цена_единицы_Продукции}}{\text{Ср.Цена_единицы_ресурсов}} \quad (6.3)$$

Это уравнение может быть упрощено в уравнении 6.4

$$\text{Доходность} = \text{Производительность} \times \text{Ценовое возвращение} \quad (6.4)$$

Доходность и производительность - известные концепции, в то время как ценовое возвращение было введено Van Loggerenberg (1981), который предложил использовать детерминированный учет производительности.

Расчет вклада производительности и ценового возвращения в прибыль производится с помощью Уравнения 6.5.

$$\text{Изменения в Прибыли, \$} = \text{Изменения в Произв-сти, \$} + \text{Изменения в Цен.Возвр-нии, \$} \quad (6.5)$$

Некоторые выводы из учета производительности

Управление горной компанией заинтересовано в продолжающейся работе производства на ежемесячном, ежеквартальном и ежегодном основании. Учет Производительности обеспечивает все необходимые уровни частичной и полной производительности и дает картину всех процентных изменений на этих уровнях. Это позволяет измерять все уровни ценового возвращения и все процентные изменения на этих уровнях, показывая, где цена прошла над и где – под возвращением. Цена над возвращением проходит, когда цена продажи продукции увеличивается в большей степени, чем ее себестоимость. Эта информация может быть рассчитана для всех видов продукции в системе учета.

В таблице 6.2. в качестве примера приведена основная информация для иллюстрации простого бизнеса горной компании.

Таблица 6.2. Экономическая информация для простого горного предприятия

Показатели	2000 Отчет			2001 Проект		
	Величина, \$	Количес тво, унций	Цена \$/ун	Величина, \$	Количес тво, унций	Цена \$/ун
Произведено металла	1000000	1000	1000	1800000	1500	1200
Стоимость трудовых ресурсов	800000	40	20000	1254000	57	22000
Стоимость оборудования	200000	4	50000	350000	5	70000

Итого	1000000			4604000		
Прибыль	0.0			196000		

Сравнение данных за 2000 и 2001, показывает, что:

- Производство Металла увеличилось на 50 процентов;
- Трудовые Ресурсы увеличились на 42.5 процента; и
- Ресурсы оборудования увеличились на 25 процента.

Поэтому отмечаются улучшения в производительности людей и оборудования. Уровни производительности и процентные изменения рассчитаны, используя другой набор уравнений. Изменения процента производительности - 5.26 процентов и 20 процентов соответственно.

Особое преимущество использования учета производительности состоит в том, что эти изменения могут также быть выражены в долларовой оценке. В этом случае 5.26 процентов увеличения производительности трудовых ресурсов дает 66000\$ возрастания прибыли. Увеличение на 20 процентов производительности оборудования дает 70000\$ к прибыли.

Теперь может быть рассмотрена ценовая часть учета производительности. Из таблицы 6.2. может быть отмечено, что:

- Цена продаваемого Металла увеличилась на 20 процентов;
- Зарплата увеличилась на 10 процентов и
- Цена оборудования увеличилась на 40 процентов.

Цена Трудовых ресурсов находится в цене над возвращением 9.09 процентов, но знаменательно, что цена оборудования на входе находится в цене под возвращением минус (14.29 процентов). Уровни ценового возвращения и изменения процента - части отдельных вычислений, сделанных по методологии учета производительности. В этом случае цена над возвращением трудовых ресурсов вносит 120000\$ прибыли. Однако, минус (14.29 процентов) цены под возвращением оборудования приводит к уменьшению прибыли на 60000\$. Учет Производительности делает возможным расчет этих значений.

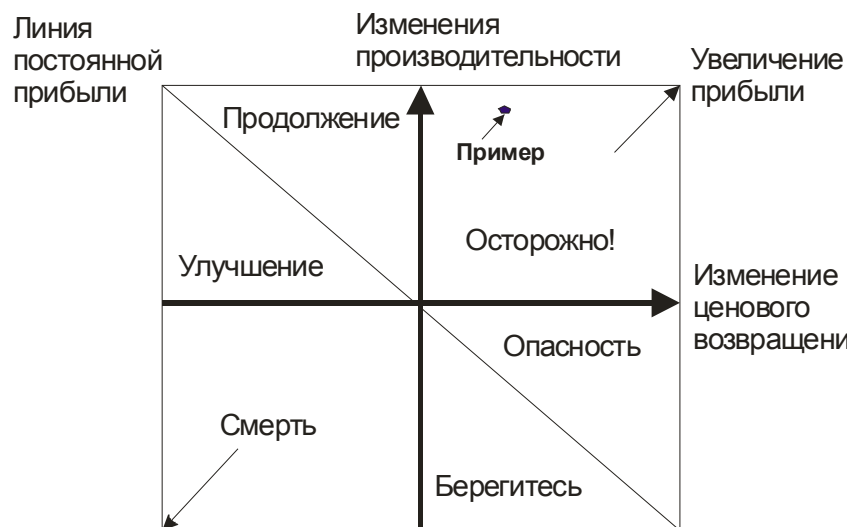
Результаты приведены в таблице 6.3, в которой слово 'variance' используется в смысле учета производительности, а не как статистическая дисперсия. Может быть отмечено, что разница полной производственной прибыли, которая является суммой разниц производительности и ценовых возвращений, равна изменению прибыли в таблице 6.2.

Таблица 6.3. Вклады изменений производительности и ценового возвращения в рост прибыли

Долларовая оценка, тыс. \$	Изменение прибыли	Изменение производительности	Изменение ценового возвращения
Рабочая сила	186	66	120
Оборудование	10	70	-60
Всего	196	136	60

Графическая интерпретация

Ситуация для горного бизнеса может быть также оценена с помощью сетки прибыли, рис. 6.8. Масштаб оси по горизонтали - разница ценового возвращения, а по вертикали - разница производительности. Диагональная линия через центр системы соединяет все точки, где разница производительности компенсируется равной и противоположной разницей ценового возвращения. По этой линии никакого изменения в прибыли не имеет места. Благоприятное изменение прибыли должно быть зарегистрировано выше этой линии, а неблагоприятное изменение - ниже нее.



Снижение прибыли
Рис. 6.8. Общий вид сетки прибыли

Можно говорить, что рассматриваемый пример горного бизнеса, исследуемый на графике, находится в зоне Предостережения (Caution). Когда изменения производительности и ценовых возвратов не рассчитываются, а есть только изменение прибыли, то будет невозможно установить, который из трех сегментов используется. Ясно, что это важно, так как бизнес, появляющийся в благоприятной зоне (Pursue) находится намного в более сильном конкурентоспособном положении, чем бизнес, появляющийся в зоне Опасности (Danger). Это - информация, которую может обеспечивать только учет производительности.

Зона Pursue сетки прибыли - стратегически наиболее желательное положение для бизнеса. Это потому, что здесь увеличение прибыли достигается за счет улучшения производительности, несмотря на преодоление отрицательного влияния цены под воздействием, запланированной или полученной в результате неблагоприятного изменения цен.

Управление горной компанией знает, что оно практически не оказывает какого-либо влияния на цены продажи продукции, и только - ограниченное влияние на затраты производства. Поэтому влияние изменений цен на продукцию и производственных затрат на относительные движения цен плохо поддаются контролю. Это означает, что вклад в прибыль в результате ценового возврата является сомнительным. Иногда он может быть положительным, а в других случаях - отрицательным.

Более определенным является вклад производительности. Управление горной компанией полностью отвечает за этот параметр. Распределение входных ресурсов - часть горного планирования, календарного плана производства и строится на различных стратегиях.

Горная компания имеет лучший шанс получения прибыли, когда она идет за счет повышения производительности. Долларовая оценка производительности для получения прибыли рассчитывается с использованием учета производительности, который обеспечивает знание основных сильных и слабых сторон горной компании и дает стратегическое понимание того, что произошло и что нужно делать.

6.5. Литература

1. Стратегическое планирование и управление. Учебное пособие. - СПб.: 1997.
2. Артамонов Б.В. Стратегический менеджмент. - М.: 1997.
3. Буров В.Н. и др. Стратегическое управление фирмами. Моделирование. Практикум. Деловые игры. - М.: 1997.
4. Фатхутдинов Р.А. Стратегический менеджмент. - М.: 1997.

5. Адаптированный перевод курса по стратегическому планированию. Автор текста Matt H. Evans, CPA, CMA, CFM., Перевод: Баязитов Т.М., (по материалам сайта Excellence in Financial management <http://www.exinfm.com>)
6. Camus, J.P. 2002. Management of mineral resources. Mining engineering (SME), January, p.: 17-25.
7. MINE ENGINEERING versus CORPORATE OBJECTIVES, E. L. Bohnet, P.E. Senior Project Engineer, Cyprus Copper Company Tempe, Arizona
8. Productivity Accounting and Strategic Mine Planning, C L Workman-Davies. Western Australian School of Mines, Curtin University, Locked Bag 22, Kalgoorlie WA 6433

7. Перспективный план отработки месторождения.

7.1. Введение

После того, как будет создана подробная и достоверная блочная модель месторождения, необходимо определить набор основных технико-экономических показателей будущего проекта и провести в соответствии с ним оконтуривание в пространстве и оценку тех запасов руды, которые экономически выгодно извлечь из недр и переработать с целью получения каких-то полезных для общества минеральных продуктов. После этого выполняется оптимизация последовательности извлечения руды из недр и создается календарный план горных работ. Далее может оптимизироваться система рудопотоков горного предприятия и бортовые содержания для каждого рудопотока.

Обычно впервые эту задачу решают на стадии ТЭО, затем (с использованием новых и скорректированных данных и решений) на стадии проекта, и далее – регулярно в процессе работы рудника – по мере накопления новой информации о месторождении и существенного изменения ситуации как внутри компании, так и в окружающей ее среде.

Одним из главных решений на этой стадии является выбор способа отработки месторождения (открытый или подземный), а также – системы разработки, от которой главным образом зависят капитальные и текущие производственные затраты, потери и разубоживание руды.

Часто само месторождение диктует правильный выбор. Если залежь расположена близко к поверхности в районе, где допускается нарушение ландшафта (с последующим его частичным восстановлением) и другие серьезные экологические воздействия горных работ, то явное преимущество будет за карьерной отработкой. В другой ситуации, когда имеется глубокозалегающее месторождение с богатой рудой, а экологические последствия горных работ на территорию должны быть минимальны, то выбор подземной отработки также будет оправдан и понят.

Однако, нередки ситуации, когда рудное тело начинается с поверхности и идет далеко вглубь, или расположено на такой глубине, где возможны и открытые, и подземные работы. Здесь требуется рассмотреть и решить, по крайней мере, 2 задачи:

- определить, какой из методов отработки экономически приемлем и
- если «проходят оба метода», то обосновать границу перехода с открытых на подземные горные работы.

Для того, чтобы выбрать лучший вариант используется ряд широко известных методов, в т.ч.:

- метод вариантов, который поочередно рассматривает каждую из возможных альтернатив и оценивает суммарный поток наличности (или NPV). Обычно это делается на основе финансовой модели проекта, которая будет рассмотрена ниже в этой главе. За основу принимается вариант, который дает лучшие экономические показатели (NPV, IRR) с учетом риска и экологических последствий
- метод определения границ карьера с помощью граничного коэффициента вскрыши, широко применяемый в СССР. Он считает, что границы открытых работ должны проходить по той контурной прирезке карьера, где обеспечивается безубыточная отработка запасов при постепенном расширении его границ на определенный шаг (высоту уступа),
- методы Лерча-Гроссмана, «плавающего конуса» и некоторые другие, которые, используя разные алгоритмы, оптимизируют форму предельного карьера по одному их

экономических критериев (обычно Cash Flow или NPV). Эти методы импортируют блочную модель месторождения и устойчиво работают только на достаточно мощных компьютерах. Ниже будут описаны технологии работы с программами, использующими данные методы.

Для иллюстрации неоднозначности и сложности таких решений приведем историю оценки одного из золоторудных месторождений СНГ за период 1993–2003 г.г. Месторождение расположено в высокогорном районе и представлено вертикальным штокером, который прослежен от поверхности на глубину более 500 м. Хронология событий была такова.

1. ТЭО советского периода, 1986 г.

Последовательная отработка; карьер до отметки 3370 м, далее подземный способ.

2. ТЭО – иностранная компания, 1994 г.

Преимущественно подземный рудник (небольшой карьер – только для получения закладочного материала); вскрытие запасов сразу на всю глубину отработки месторождения;

3. ТЭО – иностранная компания, 1996 г.

Преимущественно открытый способ отработки; карьер до отметки 3370 м, далее подземный способ

4. Предварительное ТЭО – иностранная компания, 1996 г.

Комбинированный последовательный открытый (до отметки 3400 м) и подземный способ отработки,

5. Предварительное ТЭО – иностранная компания, 1997 г.

Комбинированный последовательный открытый (до отметки 3425 м) и подземный способ отработки. .

6. Предварительное ТЭО – иностранная компания, 1998 г.

Комбинированный последовательный открытый (до отметки 3400 м) и подземный способ отработки.

7. ТЭО – иностранная компания, 2001 г.

Комбинированный последовательно – параллельный открытый (до отметки 3400 м) и подземный способ отработки.

8. ТЭО – иностранная компания, 2003 г.

Комбинированный последовательно – параллельный открытый (до отметки 3500 м) и подземный способ отработки.

Естественно, что каждое ТЭО предусматривало «свою» производительность открытых и подземных горных работ, последовательную или параллельную отработку карьера и подземного рудника, различные бортовые содержания, размещение объектов предприятия, технику, технологию и т.д.

7.1.1. Определение производительности карьера

Чтобы приступить к оптимизации или определению предельных контуров карьера, необходимо оценить размер ежегодной добычи руды. Этой проблеме посвящено так много работ в отечественной и иностранной литературе, что остается только направить интересующегося этим вопросом читателя к любому справочнику по открытым горным работам, где он найдет ответы на свои вопросы и обширную библиографию.

Понятно, что теоретически возможно точно рассчитать оптимальную (максимально возможную) производительность рудника. Чтобы сделать это, необходимо иметь сведения о тоннаже и содержаниях в извлекаемой в разные периоды времени руде (с учетом изменений борта во времени), производственных

затратах и ценах на материалы и металлы в течение всего срока работы предприятия. Естественно, что эта информация не может быть полностью получена, особенно на ранних стадиях освоения месторождения.

Даже, если вся эта информация имеется, то все равно теория оптимизации не может дать однозначного ответа и в этих условиях. Использование разных критериев приводит к различным оптимумам, а в условиях неопределенности исходной информации - единого оптимума существовать не может. Речь может идти лишь об оптимальной зоне. Следовательно, точные математические методы редко применяются для решения данной задачи. Для этой цели должны быть использованы другие способы.

Самый простой метод расчета состоит в прогнозировании потребностей рынка в планируемой продукции и делении на эту величину объема кондиционных запасов месторождения с учетом всех возможных потерь и извлечения на всех стадиях производства.

Более точный и очень популярный на Западе метод был разработан в 80-х годах Тейлором (Taylor) [1], который предложил очень полезный практический способ определения срока существования горного предприятия.

Слишком низкая производительность рудника отодвигает получение возможной прибыли от проекта далеко в будущее. С другой стороны, слишком большая производительность приводит к риску не возвращения чрезмерно больших капиталовложений в короткое время работы предприятия. Большое предприятие в ряде ситуаций не сможет полностью продать свою продукцию на рынке, а короткий срок работы его может быть неприемлем по социальным мотивам.

Должна быть упомянута и еще одна опасность для предприятия с коротким сроком жизни. Цикл изменения цен на цветные металлы составляет 4-7 лет. Поэтому при сроке отработки запасов 4 года можно остаться в проигрыше, оказавшись в пределах "провала" цикла.

В реальной жизни размеры конечной продукции горного предприятия находятся под строгим ограничением различных производственных факторов. Одним из наиболее важных из них является размер рабочего пространства карьера или шахты. Рудник реально может увеличить свою производительность за счет расширения рабочего пространства.

На карьерах рабочее пространство для оборудования (а следовательно и производительность) измеряется единицами площади (кв. метры), в то время как тоннаж связан с объемами руды (куб. метры). Следовательно, можно ожидать, что производительность для рудных тел с более или менее одинаковой формой будет пропорциональна запасам руды в степени $2/3$. Следовательно, срок отработки будет пропорционален кубическому корню из этого тоннажа.

Тейлор в 1977 г исследовал много реальных проектов с самыми разными горно-геологическими условиями, для которых запасы месторождений были хорошо известны. Он обнаружил, что производительность рудника оказалась пропорциональной запасам в степени 3/4, а не 2/3, как это могло казаться. Проектные сроки работы предприятия (T_m) оказались пропорциональны корню 4-ой степени от запасов руды (Q_r).

Таким образом, получена простая и полезная формула для расчета срока отработки запасов:

$$T_m \cong 0.24\sqrt[4]{Q_r} \quad (7.1)$$

Но в этих расчетах удобнее оперировать с запасами, выраженными в млн. тонн. Кроме того, оказалось, что практический интервал значений находится в пределах 0.8 - 1.2, поэтому формула может быть переписана в виде

$$T_m \cong (1 \pm 0.2) 6.5\sqrt[4]{Q_r} \quad , \quad (7.2)$$

где Q_r выражено в млн.тн.

На предварительной стадии количество руды может оказаться недостаточным для получения приемлемых результатов расчета, однако на последующих стадиях в эти объемы могут полностью войти все категории запасов, включая C1 и т.д. (но не прогнозные).

Данное правило обеспечивает приемлемые результаты для приблизительных расчетов интервала производительности рудника на предварительной стадии оценки месторождения. В этом интервале затем может быть выбрано одно из реальных значений, которое далее будет использовано в ТЭО и проекте.

Поскольку производительность рудника является определяющим фактором, влияющим на эффективность и даже жизнь проекта, то на стадиях ТЭО и проектирования обычно рассматриваются несколько сценариев отработки месторождения (вариантов производительности), из которых выбирают тот, который даст большую величину NPV.

7.2. Оптимизация предельных границ карьеров

Этой теме посвящены сотни публикаций, и любой любознательный читатель сможет легко найти всю интересующую его информацию (любого уровня сложности) в ближайшей доступной ему

технической библиотеке горного профиля или в Интернете. Мы же сошлемся лишь на одну из последних книг, посвященную проектированию карьеров [1], в которой теория и практика оптимизации изложены очень подробно.

Что касается компьютерных технологий, то в последнее десятилетие в мире главным образом использовались 2 алгоритма оптимизации предельных контуров карьеров:

- Плавающего конуса и
- Лерча-Гроссмана

В методе “плавающего” конуса каждый выемочный блок руды в модели рудного тела имеет “конус” материала сверху, который должен быть удален перед извлечением данного блока. Этот метод учитывает количество руды и породы, содержащееся внутри всех возможных конусов в месторождении. Результатом является форма карьера, которая дает максимальные значения выбранного критерия во всех конусах. Последователей этого метода чаще можно встретить на Американском континенте. Последние годы он часто используется для оптимизации размещения очистных блоков подземных рудников.

Метод Лерча-Гроссмана основан на теории графов. Для каждого блока модели месторождения рассчитываются экономические параметры (обычно - прибыль), а затем программа выбирает комбинацию блоков, которая дает максимальное значение прибыли. Этот метод также предполагает предварительное удаление материала, лежащего сверху каждого анализируемого блока руды.

Компьютерные программы, предлагающие оптимизацию границ карьеров кратко описаны в главе 4.

7.2.1. Программа Four-D(X)

Австралийская компания Whittle Programming долгое время была мировым монополистом в решении задач, связанных с оптимизацией карьеров. Большинство консультационных фирм использовали в работе ее пакеты по всему миру, и в конце концов они стали своеобразным стандартом, несмотря на неудобный интерфейс пользователя и сравнительно медленное обновление продукции.

Ниже в качестве примера приведена последовательность действий при оптимизации одного из карьеров программой Four-D.

Рассматривается зона минерализации, имеющая нерегулярную форму, развитая на глубину 110 м, и простирающуюся на 108 м с Севера на Юг и на 240 м с Запада на Восток. Поверхность зоны слабо опускается на Запад. В ней были установлены 2 типа минерализации:

- с высоким содержанием (Руда А), которая содержит 119 988 тн запасов. Содержания в этой зоне, имеющей форму колпака над зоной с низкими содержаниями, распределены логнормально со средним 7.95 г/т и максимумом 9.66 г/т.

- с низким содержанием (Руда В), содержащая 1 058 904 тн запасов. Она распространяется главным образом на глубину. Содержания распределены также логнормально со средним 3.18 г/т и максимумом 3.75 г/т.

Для оптимизации была использована блочная модель месторождения с блоками 6х6х10 м. Вся модель содержит $59 \times 41 \times 12 = 29\,028$ блоков, что обеспечивает приемлемое время расчетов. Плотность руды - 2.2 т/куб.м.

Были использованы только 3 угла откоса борта карьера (программа позволяет задавать до 160 различных углов откоса) – табл. 7.1. Наклон восточного борта позволяет разместить на нем дороги при последующем детальном проектировании карьера.

Таблица 7.1. Параметры углов откоса карьера

Азимут, град	Угол откоса от горизонтали, град
80.0	43.0
180.0	58.0
280.0	53.0

Для оптимизации требуется построить экономическую модель месторождения, добавив в имеющуюся геологическую модель соответствующие параметры. В данном примере были использованы следующие показатели:

- Цена золота 12.5 доллара за грамм.
- Затраты на выемку 1 тонны горной массы - 1.5 доллара.
- Затраты на обогащение 1 тонны руды - 10.5 доллара.
- Годовая начальная производительность карьера - 1 млн тонн горной массы.
- Начальная производительность ОФ - 200 тыс тонн в год.
- Компания, владеющая месторождением, хочет получить значение Net Present Value (NPV см. главу 2), на основе 10% нормы дисконтирования.

После ввода исходных данных программа начинает работать и через 5 минут выдает Вам (в данном учебном примере) информацию о 48 «вложенных» карьерах, которые получаются, если последовательно уменьшать цену металла (ов) до какого-то минимума с заданным интервалом. Лучший карьер выбирается по максимуму NPV, и в данном случае – это карьер № 37. Рассчитывается также график, где для каждого карьера приводятся 2 значения оценки:

- наилучшая, когда углы рабочего и нерабочего бортов карьера равны и
- наихудшая, когда угол рабочего борта минимален

Понятно, что реальная оценка, как и карьер, находится где-то посередине. На выходе также формируется таблица, в которой приводятся все характеристики (в т.ч. и экономические) для каждого из «вложенных» карьеров. Вы можете повторить запуск программы сколько угодно раз с новыми экономическими параметрами для того, чтобы оценить возможные ситуации, связанные с колебаниями цен металлов, не подтверждением информации о качестве и количестве руды и т.п.

В итоге анализа Вы, как эксперт, сможете выбрать предельный карьер, который позволит Вам получить максимальную величину NPV (или близкую к ней) в результате отработки запасов месторождения при не очень высоком уровне риска от возможного снижения мировых цен на металлы и не подтверждения геологической информации.

Далее Вы сможете импортировать полученную блочную модель выбранного Вами карьера в одну из горных графических систем (например, в Датамайн или Джемком) и по ней спроектировать детальный карьер с дорогами, который не должен существенно отличаться по форме от оптимального карьера.

Не так давно появилась новая программа оптимизации карьеров – Four-X, которая распространяет свое влияние уже на процесс планирования и оптимизации бортовых содержаний по критерию – максимума NPV. Эта программа оперирует на основе расчета оптимальной последовательности выемки запасов месторождения.

Пакет Four-X Analyser представляет собой набор средств стратегического планирования горных работ, спроектированный для профессиональных горных инженеров. Имеется расширяющийся набор модулей, которые могут быть добавлены к основному ядру, еще больше увеличивая его производительность и полезность.

Ниже приведен пример оптимизации карьера на высокогорном месторождении Кумтор в Киргизии с помощью этой системы [2] Рис.7.1, 7.2. Отметьте, что эта работа на действующем предприятии проводится регулярно (через несколько лет).



Рис. 7.1. Общий вид карьера на месторождении Кумтор

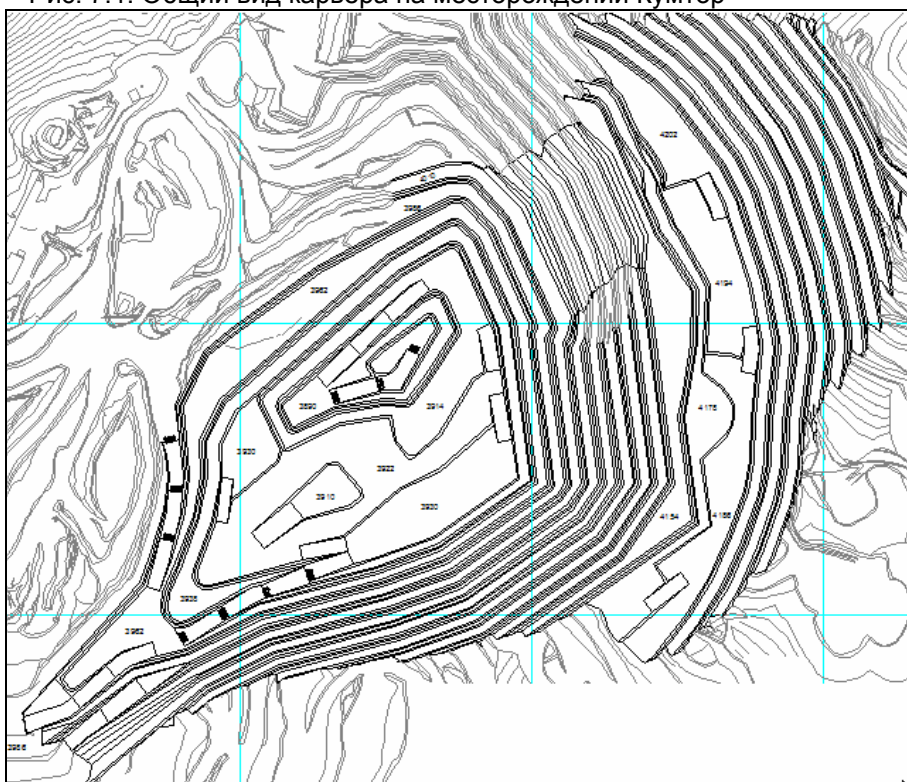


Рис. 7.2. План карьера на месторождении Кумтор

Для оптимизации развития горных работ на предприятии (Кумтор Оперейтинг Компани) используется пакет прикладных программ, разработанный компанией Whittle (Австралия) Whittle Four-X, а для проектирования и планирования горных работ - система Gemcom for Windows (Канада).

Упрощенно процесс оптимизации выглядит следующим образом: блок модель запасов месторождения импортируется из системы Gemcom в Whittle Four-X с определенной начальной поверхностью (материал выше которой "удален"). Блок-модель проходит через оптимизатор при заданных технических и экономических параметрах (в основу математического аппарата положен алгоритм Лерча-Гроссмана); в результате определяются оптимальные контуры карьера Whittle, которые импортируются в Gemcom и используются в качестве ориентира при фактическом проектировании карьера.

Анализируя полученные в результате оптимизации контуры карьера, можно выделить определенные тенденции. Если контуры карьера расширяются, коэффициент вскрыши в общем возрастает, поток наличности увеличивается до определенной точки (где контуры соответствуют принятой при анализе цене на металл), затем уменьшается, и затраты на единицу металла (долл/унц.) возрастают. Естественно, чем больше карьер, тем больше общий объем выемки горной массы, руды и извлеченного металла. На руднике Кумтор используются прогоны оптимизатора при цене на металл, как правило, в диапазоне между 25 - 200% от текущей цены на металл, с интервалами от 2 % (в зоне наибольшего интереса) до 10 %.

Выбор контуров карьера должен производиться с учетом множества факторов, которые не отражены в исходном файле параметров оптимизации. Данные факторы включают срок службы рудника, NPV (чистую текущую стоимость), объем производства металла и график горных работ. Их учет представляет собой наиболее тонкую часть процесса оптимизации Whittle. Понимается, если определяющим является срок службы карьера или объем производства металла, то очевидным будет выбор наибольшего карьера. Тем не менее, любая компания в общем случае работает под контролем держателей акций, которые больше заинтересованы в возврате инвестиций. Поэтому важным является обоснование календарного графика горных работ и, как следствие, оценка NPV.

В процессе оптимизации становится видно, что различия между смежными контурами карьера неодинаковы. Значения коэффициента вскрыши для различных приращений находятся в основном в приемлемом для производства диапазоне, но существуют и исключения; в выполненном примере оптимизации для интервала цены на золото 90 % коэффициент вскрыши равен 10,48, для 100% - 24,25. Первый коэффициент вскрыши все еще приемлем при небольших объемах работ, но 24,25 – уже слишком высок. При этом увеличению тоннажа руды на 574 тыс.т соответствует объем пустой породы 13,9 млн.т.

Хотя данное приращение характеризуется положительным потоком наличности, следует иметь в виду, что физически вскрыша в этих контурах будет отрабатываться не приращениями, а в начале проекта (по времени). Другими словами, необходимо удалить 13,9 млн. т пустой породы в начале проекта для того, чтобы добыть 0,6 млн. т руды в конце; это может иметь отрицательное влияние на NPV проекта.

Следует отметить другой интересный момент, характеризующий приращения: изменения потока наличности для смежных контуров карьера довольно низки и постоянны. Но при этом есть несколько "пороговых" точек, для которых увеличение тоннажа материала довольно значительно; "пороговые" точки обычно связаны с высокими коэффициентами вскрыши. Следовательно, когда цель заключается в максимизации NPV, данные точки представляют интерес для выбора контуров карьера.

Общих четких правил обоснования контуров карьера не существует. Графики тоннажа руды и породы и потока наличности для различных контуров могут дать хорошее представление о том, какие контуры целесообразно использовать, но не всегда. Форма графиков зависит от геометрии рудного тела и используемых параметров. Так, для условий Кумтора эти графики имеют довольно плоскую форму, и выбор контуров неочевиден.

Существенным фактором является планируемое через 3-4 года снижение себестоимости продукции за счет сокращения числа занятых в проекте иностранных специалистов. Другой важный фактор – необходимость обеспечения компромисса между целевой NPV для работающего в западном стиле предприятия и использующего заемный банковский капитал, и увеличением времени жизни рудника в интересах Кыргызстана. Учет данных факторов определяет построение в системе Whittle своеобразного сценария. Использование двух наборов экономических параметров во время одного прогона оптимизации невозможно, поэтому требуется определить точку, в которой происходит их изменение.

Очевидно, что если произвести прогон оптимизации при текущих, а затем при сниженных затратах для той же самой блочной модели и начальной поверхности, то различие между

результатами двух прогонов не будет аналогично результатам оптимизации, выполненной после первой стадии отработки для оставшейся части месторождения. Выемка блоков, расположенных в зоне между контурами, будет связана с меньшими затратами, следовательно, ценность их для сценария со сниженными затратами возрастет, и контуры карьера второй стадии могут быть расширены. Поэтому весьма важным для обоснования общего срока службы рудника является выбор контуров первоначальной рабочей зоны. В данном случае должны быть выбраны контуры карьера, позволяющие обеспечить возврат долгов финансирующим проект банкам в течение 3-4 лет при текущих затратах. Естественно, если долг будет выплачен быстрее, NPV проекта возрастет. При выборе для первоначальной стадии меньших контуров контуры карьера второй стадии расширятся и, следовательно, возрастает срок службы рудника.

Поскольку кривая потока наличности, полученная в результате оптимизации, имеет довольно плоскую форму, можно выбрать контуры карьера, которые обеспечивают добычу руды в течение 3-4 лет. По окончании данного периода долг предприятия банкам будет выплачен, привлечение иностранных специалистов сократится, и отработка оставшейся части месторождения будет продолжена при сниженных затратах. На данной стадии может быть выбран для отработки наибольший возможный карьер, чтобы увеличить срок службы рудника и максимизировать прибыль для кыргызской стороны.

Для обоснования предварительного графика развития горных работ с обеспечением постоянства подачи руды на фабрику и максимизации NPV (на обеих стадиях) в системе Whittle используется алгоритм Milawa (см. главу 4). При этом, внутри двух отмеченных выше стадий также выделяются, насколько это возможно, промежуточные контуры карьера, и полученный в результате ориентировочный график развития горных работ анализируется с позиций практической приемлемости.

Первоначальный прогон оптимизации был выполнен с целью определения границ рабочей зоны (этапа или pushback) № 4 (зоны № 1 и 2 были отработаны ранее, зона № 3 отработывалась в момент данной работы). При этом на входе использовались текущие и прогнозируемые (на 2 года) технико-экономические параметры и соответствующее бортовое содержание полезного компонента в руде 1,70 г/т.

Цель второго прогона оптимизации заключалась в том, чтобы определить конечные границы карьера – рабочей зоны № 5. Материал в контурах карьера предыдущего прогона (первоначальной стадии) был удален и произведена оптимизация с использованием технико-экономических параметров, характеризующих последующий период времени. (при бортовом содержании 1,49 г/т). Результаты данной оптимизации были прибавлены к результатам, характеризующим контуры карьера первоначальной оптимизации, и были выбраны контуры, наиболее близко соответствующие производственным ограничениям по коэффициенту вскрыши.

Как отмечалось выше, импортированные из системы Whittle в общий пакет горных программ Gemcom контуры предельных карьеров используются в качестве ориентира на заключительном этапе разработки фактического проекта карьера. При этом следует подчеркнуть, что в реальности последнее слово всегда остается за инженером-проектировщиком, так как компьютерная система не может принять во внимание все факторы. Это касается построения вскрывающих выработок, обеспечивающих доступ в карьер, внутрикарьерных съездов, придания карьере и различным его участкам практически приемлемой формы и размеров для обеспечения эффективной и безопасной работы персонала и оборудования и т. д. Поэтому, имея отстроенные компьютером контуры карьера, руководствоваться в первую очередь следует своим опытом и здравым смыслом.

После того, как проектный карьер отстроен, производится сравнение его параметров с целевыми значениями, характеризующими оптимальные контуры Whittle. В идеале разница в общем объеме горной массы, тоннаже руды, коэффициенте вскрыши, содержании полезного компонента, количестве металла должна быть минимальной; в реальности приемлемым считается расхождение до 5%. Для описываемого проекта (как и для других наших аналогичных разработок) параметры карьера отличались от целевых значений на 1-3 %.

Представляет интерес сравнение данного проекта карьера с предыдущим, в отличие от которого была использована новая блочная модель месторождения и сниженная расчетная цена на золото. Анализируя поперечные разрезы, можно отметить, что описанный выше проектный карьер оказался на 12-30 м глубже (на отдельных разрезах – даже на 66 м), для ряда разрезов оба борта карьера расширены. На продольном разрезе в центральной части данный проектный карьер до 66 м глубже, отметка дна карьера (3800 м) на 36 м ниже, чем для предыдущего проекта; северо-

восточные борта для обоих проектов близки, а юго-западный борт на данном разрезе смещен во внешнюю сторону до 50 м.

В целом, несмотря на то, что при разработке рассматриваемого проекта карьера была использована более низкая цена на золото, он позволил увеличить извлекаемые запасы руды и продлить срок службы рудника на 1 год по сравнению с предыдущим аналогичным проектом.

7.2.2. Программа Maxipit

Появившийся сравнительно недавно и интенсивно развивающийся программный комплекс NPV Scheduler создан американским математиком Болеславом Толминским и включает в себя много функций, автоматизирующих процессы оптимизации и планирования работы карьеров. Комплекс имеет развитый современный интерфейс пользователя и возможность разностороннего импорта и экспорта информации, а также развитую современную графику с 3-х мерным визуализером.

Первой частью комплекса является программа Maxipit, которая также использует алгоритм Лерча-

Гроссмана (ЛГ) и выдает результаты в общем не отличающиеся от результатов программы Four-D (X).

Оптимизация может быть произведена по одному из 3-х критериев:

- **Максимум потока наличности (cash flow).** Программа будет создавать стандартный предельный карьер в соответствии с алгоритмом ЛГ. Здесь же можно использовать ограничения, связанные с определением границ перехода на подземные работы.

- **Максимум извлекаемых запасов.** Программа будет создавать карьер, включающий всю руду и породу, которая должна быть для этого удалена. Этот случай может встретиться при отработке месторождений очень ценного сырья (алмазов, драгоценных камней и т.п.).

- **Работа в заданных границах карьера.** Вместо создания нового карьера программа будет использовать имеющиеся границы карьера. Вы должны предварительно импортировать в программу поверхность Вашего карьера. Такая ситуация может случиться, если вам, например, потребуется проверить (и улучшить) экономические параметры уже спроектированного карьера.

Кроме того, в процессе оптимизации может быть определена оптимальная (по критерию Максимум NPV) последовательность извлечения блоков модели по одному из 2-х критериев:

- **Максимум NPV.** Программа будет искать последовательность извлечения блоков (внутри всех оболочек карьеров), которая дает самый высокий NPV.

- **Оптимизация усреднения руд.** Программа будет искать последовательность извлечения блоков (внутри всех оболочек карьеров), которая позволяет выполнить установленные Вами ограничения по качеству добываемой руды (однородность, содержание вредных примесей и т.п.).

На выходе из программы для каждого «вложенного» карьера рассчитывается:

- Бортовое содержание для всех полезных ископаемых (минимальное содержание в запасах, попавших в контур предельного карьера)
- Поток наличности (денежных средств) (CashFlow), \$
- Количество горной массы в контуре карьера, тонн
- Количество руды разных видов с учетом разубоживания, потерь и бортового содержания, тонн
- Количество всех извлекаемых металлов *после переработки руды*
- Оценка NPV, \$
- Время работы карьера, лет

Рассмотрим работу этой программы на примере оптимизации одного из золоторудных карьеров Центральной Азии.

7.2.2.1. Краткие сведения о месторождении.

Месторождение золота расположено в холмистой местности и представляет собой свиту крутопадающих рудных тел и зон (11) мощностью от 2 до 20 и более метров. Верхняя часть залежи представляет собой окисленную зону, мощностью до 30-50 м, в которой золото находится в несвязанной форме. Ниже располагаются основные запасы металла, где золото связано с сульфидами. Месторождение разведано до глубины почти 350 м от поверхности. Среднее содержание золота в окисленной зоне – 2.5 г/т, сульфидной – 3.5 г/т, содержание серебра соответственно – 0.7 и 2.5 г/т. Месторождение разведано скважинами колонкового и шарошечного бурения, канавами и подземными горными выработками.

Предварительным Технико-экономическим обоснованием предусматривается отдельная во времени отработка разных типов руд; сначала будут извлекаться и перерабатываться кучным выщелачиванием окисленные руды, а затем – сульфидные – с предварительным использованием биологического выщелачивания.

Моделирование месторождения начиналось с создания каркасных моделей 11 рудных тел, которые затем заполнялись ячейками (блоками). Размер основного блока модели – 10м (вкрест простирания)*20*20м. На контактах рудных зон с целью соблюдения реальных их очертаний блоки делились на суб - блоки со значительно меньшими размерами.

Трехмерная интерполяция содержаний золота и серебра производилась обычным кригингом и (в некоторых случаях) методом обратных расстояний с показателем степени 3. Чтобы исключить влияние подземных геологоразведочных, на блочную модель месторождения была наложена трехмерная модель разведочных выработок, внутри которой значения содержаний золота и серебра были приняты равными 0.

Все оптимизационные расчеты проводятся на блочной модели месторождения, которая обычно импортируется в специализированную программу из горной компьютерной системы, где она была создана.

При импорте из Датамайн, например, модель, имеющая подъячейки, становится регулярной.

Программа – оптимизер, используя исходные данные, рассчитывает для каждой ячейки модели дополнительную экономическую характеристику. Это – величина чистой прибыли, которую получит предприятие, если оно добудет руду данного блока, переработает ее и продаст все извлеченные полезные компоненты по установленным ценам на рынке. Затраты на вскрышные работы здесь пока не учитываются.

Оценка блока может быть как положительной, так и отрицательной (пустые и вмещающие породы, бедные руды).

Если на входе заданы несколько полезных компонентов, содержащихся в комплексных рудах, то программа оценит полную экономическую ситуацию, и для каждого блока модели рассчитает его комплексную экономическую характеристику.

7.2.2.2. Исходные параметры оптимизации карьера

Было выполнено в общей сложности 4 серии расчетов с различными параметрами:

- Цены золота,
- Углов откоса бортов карьеров
- Производственных затрат на обогащение руды
- Извлечения золота при переработке руды
- Потерь и разубоживания руды при добыче.
- Годовой производительности рудника и нормы дисконтирования

Окончательный вариант исходных данных для оптимизации карьеров приведен в таблице 7.2. Углы откоса борта карьера приняты с учетом расположения карьерных автодорог на западном борту.

Таблица 7.2 Параметры оптимизации карьера

Параметры	Ед. измерения	Значения
Угол откоса – запад (карьер окисл.руд)	Градусы	38,00
Угол откоса – восток (карьер окисл.руд)	Градусы	45,00
Угол откоса – запад (карьер сульфидных руд)	Градусы	38,00
Угол откоса – восток (карьер сульфидных руд)	Градусы	45,00
Цена на золото (карьер окисленных руд)	\$/унц.	275,00
Цена на золото (карьер сульфидных руд)	\$/унц.	350,00
Цена на серебро	\$/унц.	5,00
Извлечение серебра (карьер окисленных руд)	-	0,50
Извлечение серебра (карьер сульфидных руд)	-	0,50
Роялти	%	3,00
Потери руды при добыче (карьер окисленных руд)	-	0,05
Потери руды при добыче (карьер сульфидных руд)	-	0,10
Разубоживание (Au в пустой породе= 0.2 г/т) (карьер окисленных руд)	%	5,00
Разубоживание (Au в пустой породе= 0.2 г/т) (карьер сульфидных руд)	%	10,00
Себестоимость добычи руды (карьер окисл. руд)	\$/т	1,10
Себестоимость добычи руды (карьер сульфидн. руд)	\$/т	1,16
Себестоимость переработки (карьер окисл. руд)	\$/т	4,51
Себестоимость переработки (карьер сульфид. Руд)	\$/т	13,30
Извлечение золота (карьер окисленных руд)	-	0,80
Извлечение золота (карьер сульфидных руд)	-	0,88
Себестоимость выемки пустых пород (карьер окисленных руд)	\$/т	0,90
Себестоимость выемки пустых пород (карьер сульфидных руд)	\$/т	0,92
Накладные расходы	\$/т	3,00
Ставка дисконтирования	%	13,00
Количество рабочих дней в году	Дни	350,00
Затраты на продажу металла	\$/т	0,01
Производительность (карьер окисленных руд)	Млн.т/год	1,50
Производительность (карьер сульфидных руд)	Млн.т/год	2,50

7.2.2.3. Определение углов откоса бортов карьера для оптимизации

Это одна из основных задач подготовки исходных данных для оптимизации. На данном этапе работа делается приблизительно и с некоторым запасом, т.к. Вы не можете совершенно точно привязать к карьере дороги, бермы и т.п. Однако, если Вы далеко отойдете от реальности, то Ваш

проектный карьер будет сильно отличаться от оптимального, а значит, он уже не будет таковым. Обычная процедура задания этих параметров состоит из:

- Изучения геомеханических характеристик горных пород и расчета устойчивой формы и углов наклона бортов карьера.
- Исследования вариантов транспортной схемы карьера для разных этапов его развития.
- Корректировки полученных ранее бортов с учетом размещения на них трасс внутренних транспортных потоков.
- Привязка полученной информации в пространстве и формирование исходных данных в табличной форме, как этого требует оптимизационная программа.

Зная устойчивые расчетные углы откоса для разных участков бортов Вашего карьера, Вы должны проверить, насколько соответствуют этим параметрам принятые для проектирования углы откоса уступов, число объединяемых уступов, размеры и конструкция предохранительных и транспортных берм. Это делается с помощью простых геометрических построений или расчетов в программе Excel.

Теперь необходимо прикинуть, на каком борту у Вас будут размещаться транспортные магистрали, и еще раз откорректировать с учетом их ширины и уклона тот или иной участок борта.

Для квалифицированного использования программы оптимизации Вы должны располагать следующей информацией:

- Координаты, ограничивающие каждый регион, где Вы хотите использовать особые углы откоса борта карьера
- Азимуты направлений и углы откоса борта в каждом направлении

Для большого карьера со сложной геомеханической ситуацией может быть задано несколько регионов (как правило, по высоте или для отдельных фаз развития), в каждом из которых для многих направлений могут быть установлены особые углы откоса борта, учитывающие характеристики вмещающих пород и конструкцию борта.

В данном примере для относительно неглубокого карьера предусмотрены одинаковые углы откоса бортов для окисленных и скальных пород. Размещение автодорог планируется на западном борту карьера, поэтому он выполнен более пологим.

7.2.2.4. Результаты расчетов

Программа оптимизации (как и пакет Four-D) позволяет рассчитать заданное количество «вложенных» оболочек оптимальных карьеров, каждый из которых характеризуется своей величиной рыночных цен на металлы, содержащиеся в руде. Можно задать минимальное значение цены и шаг, с которым цена будет увеличиваться. Для каждого такого шага процесс будет выстраивать свой оптимальный карьер. Далее по графикам (обычному и кумулятивному) изменения объемов горной массы и руды, а также извлекаемых металлов, потока наличности и NPV эксперт может выбрать оболочку, наиболее соответствующую его представлениям об оптимальном карьере.

В данном случае рассчитывались 10 оболочек, а выбраны наибольшие контуры карьеров, которые давали максимальные значения экономических параметров. Блочные модели этих карьеров были импортированы в систему Датамайн для последующего проектирования и подсчета извлекаемых запасов руды. Интерактивное построение карьеров снизу вверх (на этом этапе пока без встраивания автодорог) производилось в графическом редакторе системы (Рис. 7.3, 7.4).

Параметры проектирования карьеров:

- Высота уступов – 12 м
- Угол наклона бортов уступов:

- Карьер окисленных руд - 70⁰
- Карьер сульфидных руд - 75⁰
- Ширина бермы безопасности – 5 м

В процессе предварительного (укрупненного) проектирования карьеров были рассчитаны объемы и качество извлекаемых запасов руды с учетом разубоживания и потерь. Это позволило оценить экономические параметры проекта и выполнить календарное планирование горных работ.

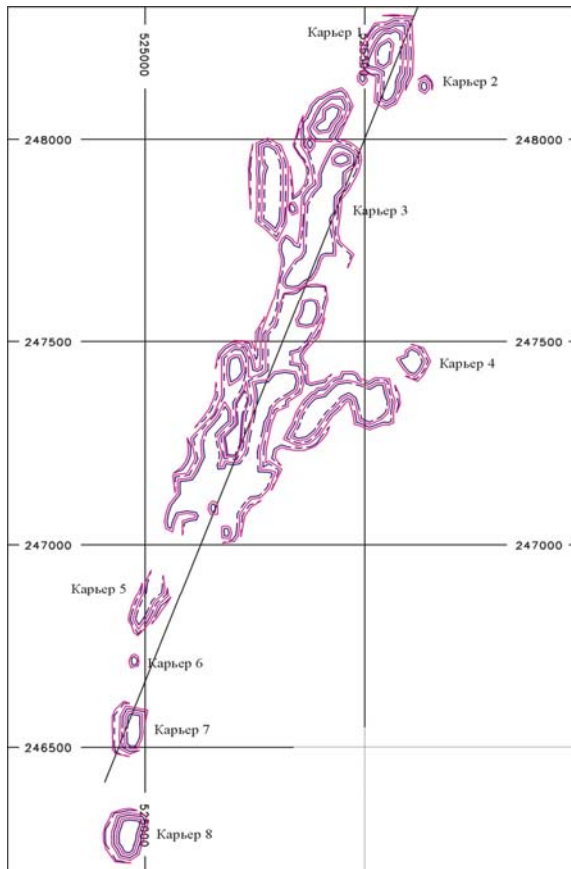


Рисунок 1. План карьеров окисленных руд

Рисунок 7.3. План карьеров окисленных руд

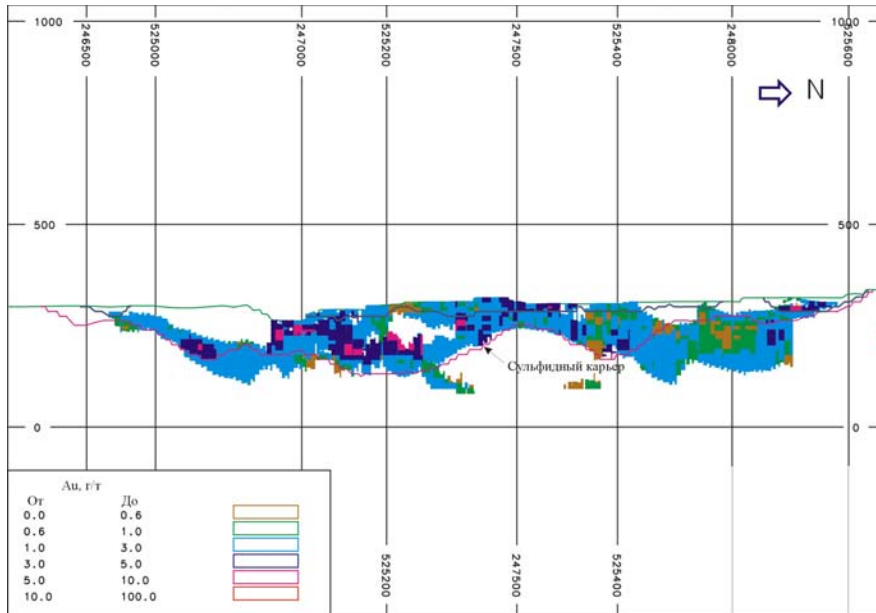


Рисунок 7.4. Разрез геологической модели месторождения с контурами оптимальных карьеров

7.3. Этапы развития карьера

Второй стадией оптимизации карьера является разбиение всего срока его отработки на этапы. Основная разница между фазами (или «вложенными» оболочками) карьера и этапами (pushback) заключается в том, что фаза это условная, а не реальная стадия развития карьера, какой является этап. Фазы создаются без всякого учета горных ограничений, могут размещаться в разных местах месторождения, иметь различные размеры, нереальные границы. Они создаются просто как набор оптимальных карьеров, которые получаются при изменении цен металлов.

В свою очередь, этапы отображают реальную последовательность отработки запасов и следуют всем введенным Вами ограничениям и условиям, например – наилучшему усреднению руды. Главная цель создания этапов – максимизация NPV за счет первоначальной отработки самых выгодных (богатых) руд и отнесение как можно дальше в будущее затрат по удалению больших объемов вскрышных пород. Последняя цель достигается за счет создания временных нерабочих бортов карьера.

Программа NPV Scheduler создает этапы делением (и небольшой последующей корректировкой) оптимальной последовательности извлечения блоков модели месторождения. Она объединяет в этап те блоки последовательности, которые близки территориально, позволяют удовлетворить ограничения по доступу горной техники и другие введенные пользователем условия.

Для начала работы надо ввести в программу исходные данные:

- Число этапов: от 1 до 20. Программа может откорректировать Вашу установку, если запасы оптимального карьера не позволяет иметь столько этапов
- Можно указать на необходимость совмещения последнего этапа с контуром ранее рассчитанного предельного карьера
- Минимальное расстояние между границами смежных этапов для свободного размещения горной техники
- Минимальное количество блоков в остатке, допустимое между границей последнего этапа и предельным контуром карьера
- Указать, если необходимо, чтобы каждый следующий этап полностью включал в свои границы все предыдущие
- Можно ограничить последний этап одним из блоков оптимальной последовательности их извлечения

Программа позволяет задать еще целый ряд дополнительных параметров, которые производят более точную настройку процесса. В частности Вы можете контролировать взаимное расположение этапов, их форму и последовательность отработки.

Для примера, рассмотренного в разделе 7.3.2.4, разбиение на этапы привело к следующим результатам

Карьер сульфидных руд был разделен программой на 3 этапа отработки, которые примерно равны по объемам производства, позволяют учесть все горные ограничения и имеют такую последовательность извлечения запасов руды, которая дает максимальный экономический эффект. Примерная продолжительность одного этапа – 5 лет.

На рисунках 7.5, 7.6 приведены графики изменения важнейших показателей работы карьера по этапам.

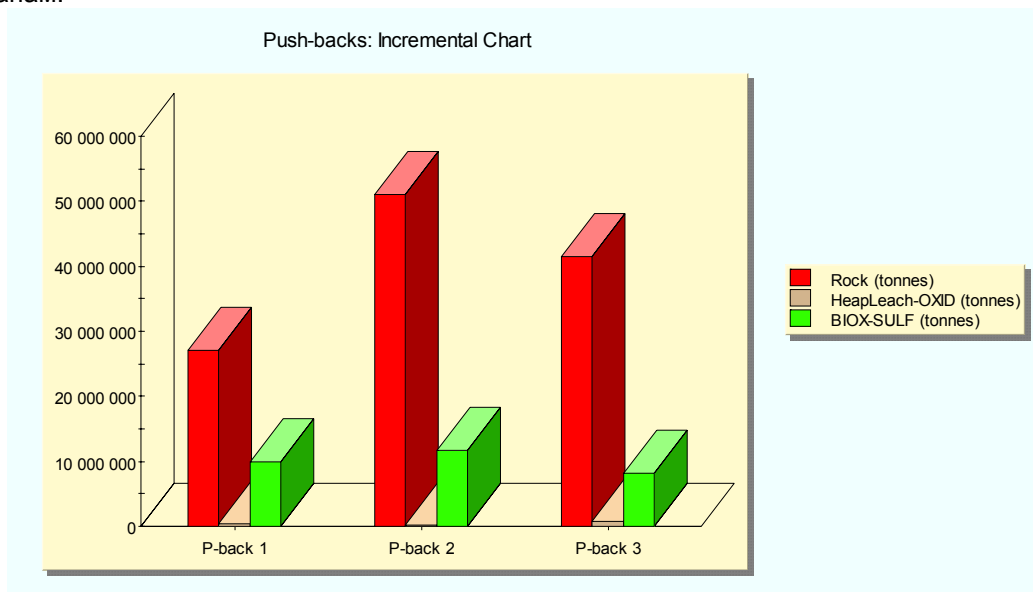


Рисунок 7.5. График изменения объемов горной массы, окисленной и сульфидной руды по этапам отработки карьера сульфидных руд

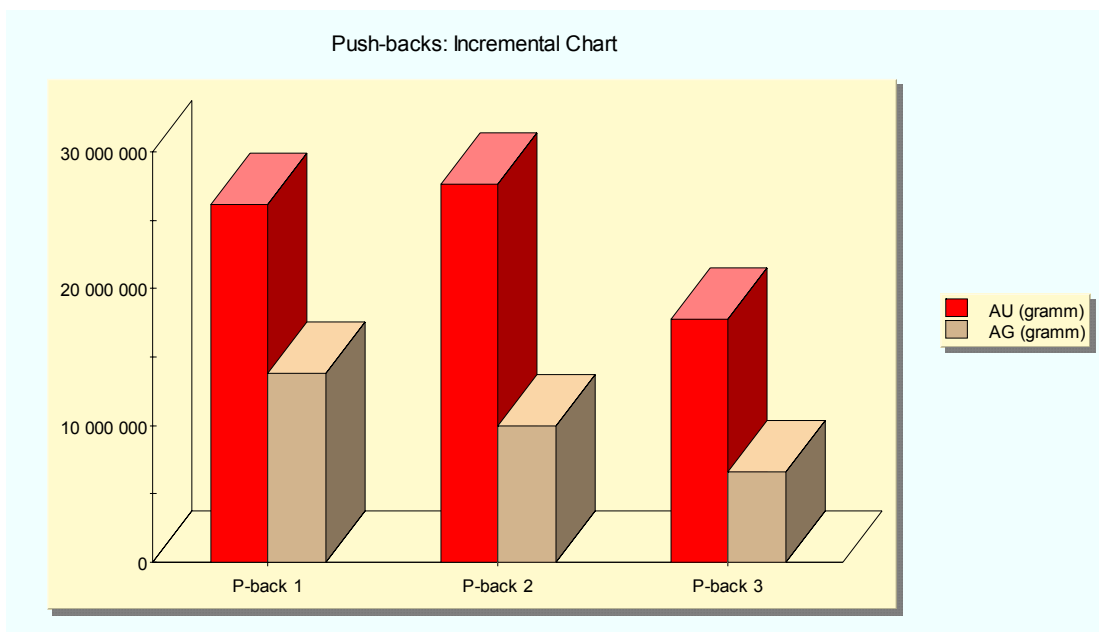


Рисунок 7.6. График изменения объемов извлекаемых золота и серебра по этапам отработки карьера сульфидных руд

Ниже в качестве примера приведены результаты еще один расчета этапов работы карьера на одном из золоторудных месторождений (Рис. 7.7).

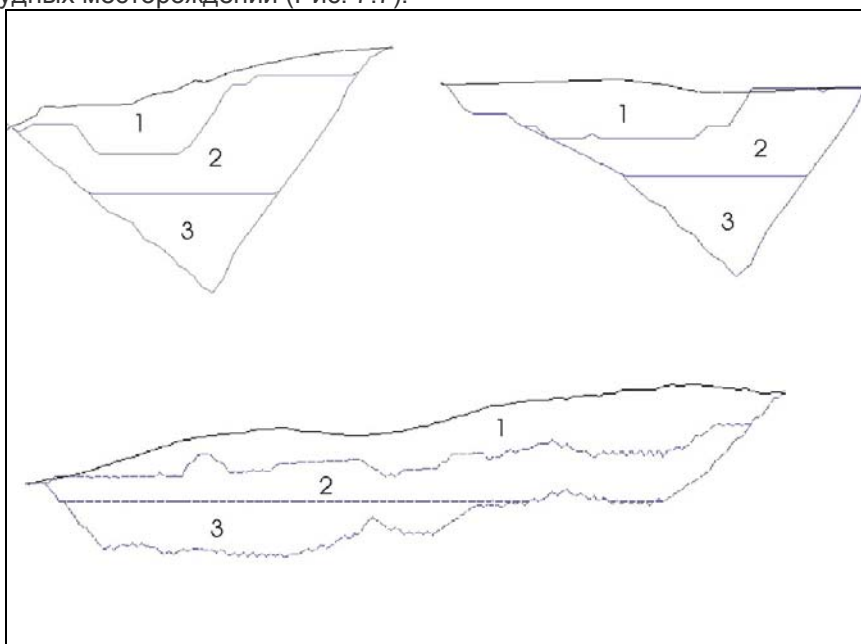


Рис. 7.7. Поперечные и продольный разрезы оптимального карьера с нанесением границ этапов отработки.

7.4. Календарное планирование работы карьера с помощью пакета NPV Scheduler

После того, как получены предельные границы карьера и этапы его развития, производится детальное проектирование карьера, т.е. создается его 3-х мерная модель (каркас) на конец каждого этапа отработки. Затем эти поверхности снова импортируются в пакет NPV Scheduler, где создается календарный план отработки всех запасов, выбираются и оптимизируются системы рудопотоков предприятия, а также – его производительность и бортовые содержания основных компонентов.

7.4.1. Календарное планирование

Примем за основу учебный пример «Copper Gold Mine», поставляемый вместе с программой. Предварительно на основе экономической модели должен быть создан предельный карьер (или импортирован из Датамайн) и разбит на этапы отработки (pushbacks).

Предельный карьер в данном примере содержит около 50 млн т сульфидной руды, что при производительности Обогащительной фабрики (ОФ) 14 тыс т в день обеспечивает ее запасами на 10 лет. Руда в среднем содержит 0.68 г/т золота и 0.28 % меди. Забалансовые руды (имеется 2 сорта таких руд) планируется отправлять на Кучное выщелачивание (КВ). Наша цель - обеспечить производительность карьера по горной массе в разумных пределах, поэтому мы вводим ограничение на коэффициент вскрыши, который в данном случае определяется как (Порода+Руда на КВ)/(Руда на ОФ).

В качестве исходных данных для составления оптимального (по NPV) календарного плана будем использовать следующие:

1. Максимальная производительность ОФ – 14 тыс. т в день или 5.11 млн т в год
2. Максимально допустимая производительность карьера по горной массе – 33.6 тыс т в день (что соответствует коэффициенту вскрыши – 1.4 т/т) при плановой – 29.0 тыс т в день.

Далее следует заполнить все необходимые ячейки установочной таблицы.

1. Установить годовую производительность ОФ. Здесь можно задать только 1 вариант этого параметра.

2. Целевые переменные для оптимизации. Можно выбрать в качестве такой переменной любую из переменных, имеющихся в экономической модели. В данном случае мы создаем новую переменную «MiningRatio», которая определяется, как описано выше, т.е. =(Порода+Руда на КВ)/(Руда на ОФ). Далее необходимо указать программе, как рассчитать эту переменную. Это делается установкой коэффициентов в таблице 7.3.

Таблица 7.3. Установка коэффициентов для задания целевой переменной.

Переменные блочной модели	Numerator (коэф-т в числителе)	Denominator (коэф-т в знаменателе)
Profit (Прибыль)	0	0
Rock (Горная масса)	1	0
SULF1-Mill (Руда на ОФ)	-1	1
SULF1-Leach (Руда 1 на КВ)	0	0
SULF2-Leach (Руда 2 на КВ)	0	0
AU insitu (Запасы Au в массиве)	0	0
CU insitu (Запасы Cu в массиве)	0	0
AU recov. (Запасы Au извлеченные)	0	0
CU recov. (Запасы Cu извлеченные)	0	0

Установленная нами формула выглядит следующим образом.

$$\text{MiningRatio} = (1 \cdot \text{Rock} + (-1) \cdot \text{Mill}) / (1 \cdot \text{Mill}) = (\text{Rock} - \text{Mill}) / \text{Mill}$$

Эта формула соответствует вышеприведенной, поскольку «Rock=Waste+Mill+Leach1+Leach2». Установив Rock=33.6 и Mill=14.0, получим MiningRatio=1.4 т/т.

3. Установить значения целевой переменной:

End time (Номер последнего года)	- 100*
Target (Плановое значение)	- 1.07
Minimum (Минимум)	- 0.0
Maximum (Максимум)	- 1.4

*Здесь задан заведомо больший срок действия данных ограничений. Программа будет распространять их на весь срок отработки запасов. Но Вы можете задать при необходимости любой период, а также – сколько угодно периодов, в каждом из которых будут действовать свои целевые переменные и ограничения.

Устанавливая плановое значение = 1.07 т/т, мы диктуем программе, чтобы она выбрала такую (наиболее эффективную по NPV) последовательность отработки запасов, чтобы полностью обеспечить ОФ рудой и при этом выдерживать коэффициент вскрыши возможно ближе к плановой величине. При невозможности достичь такой цели в течение всего периода жизни карьера, этот показатель не может быть выше 1.4 т/т.

4. Таким же образом, можно задать сколько угодно целевых переменных и периоды времени, в течение которых они будут действовать.

5. Теперь надо установить порядок обработки рассчитанных ранее этапов обработки карьера (pushbacks).

Конечно, лучшим вариантом по NPV будет последовательная обработка всех этапов, но с практической точки зрения в таких жестких рамках трудно выдержать ограничения по коэффициенту вскрыши, усреднению руд и экологии. Поэтому программа рассчитана на поиск оптимальной стратегии с возможностью одновременной работы в границах 2-х и более этапов.

На этой же стадии можно указать программе, чтобы она создала оптимальную последовательность извлечения запасов, которая затем будет использоваться на следующем этапе оптимизации.

Установим для данного примера возможность одновременной работы в пределах границ 3-х смежных этапов. Кроме того, введем:

- "Maximum tree size" (Максимальный размер дерева графа) = **250,000**.
- "Number of atoms" (Число атомов) = **5**.

Изменять эти параметры, установленные по умолчанию, имеет смысл, если Вы хорошо знакомы с теорией динамического программирования. Остальные исходные параметры оставляются по умолчанию.

6. После ввода исходных параметров программа начинает работать.

Чтобы найти оптимальное решение для установленной целевой функции и ограничений, программа делит модель месторождения на элементарные объемы, называемые атомами и строит дерево (граф) возможных решений. Узлы этого графа иллюстрируют положение горных работ в данный момент времени, а дуги соответствуют атомам. Информация, полученная из первого дерева, используется для построения второго, где дуги связаны с временем больше чем атомы. Этот граф включает все решения, которые удовлетворяют поставленным условиям оптимизации. Если решений не существует, а такое случается достаточно часто, то ограничения несколько ослабляются. Оптимальный план рассчитывается методом динамического программирования.

После окончания работы программа (если решение найдено) создает таблицу календарного плана, в которой для каждого года (отдельно и в нарастающем итоге) приведены все показатели движения объемов горной массы и каждого сорта руды.

Если решение не существует, попробуйте увеличить максимальное значение целевой функции. В данном примере решение было найдено, и оценка NPV для него составила 132.5 млн долларов.

На рис. 7.8. приведен график ежегодных объемов пустых пород и руды на ОФ, включенных в оптимальный календарный план. Вы можете вывести на экран любой вид графика любых используемых показателей, характеризующих календарный план.

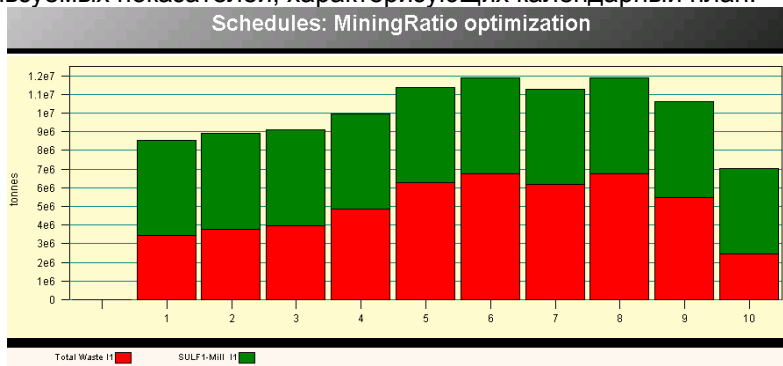


Рисунок 7.8. График изменения объемов горной массы по годам работы карьера.

Если параметры плана Вас не удовлетворяют, то, задав новые исходные данные, его легко пересчитать.

В результате, кроме таблицы, программа рассчитывает также новую модель карьера, в которой для каждого блока вписаны номера его начального и конечного годов отработки.

Программа создает несколько альтернативных планов:

- Вариант с максимумом NPV без учета целевых переменных
- Лучшие варианты для каждой целевой переменной

Если имеется несколько решений, удовлетворяющих всем Вашим требованиям, то на выходе Вы получите набор практически идентичных планов.

Вы сможете увидеть вид карьера в конце каждого этапа отработки в окне визуализера (рис. 7.11) или просмотреть в графическом окне ее отдельные планы и сечения (рис. 7.9, 7.10).

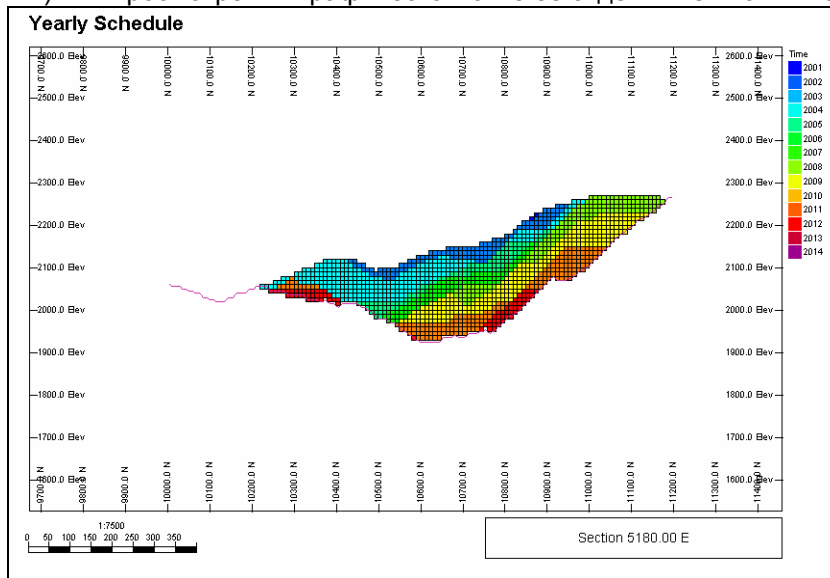


Рисунок 7.9. Вертикальное сечение оптимального карьера с нанесением границ годовой отработки.

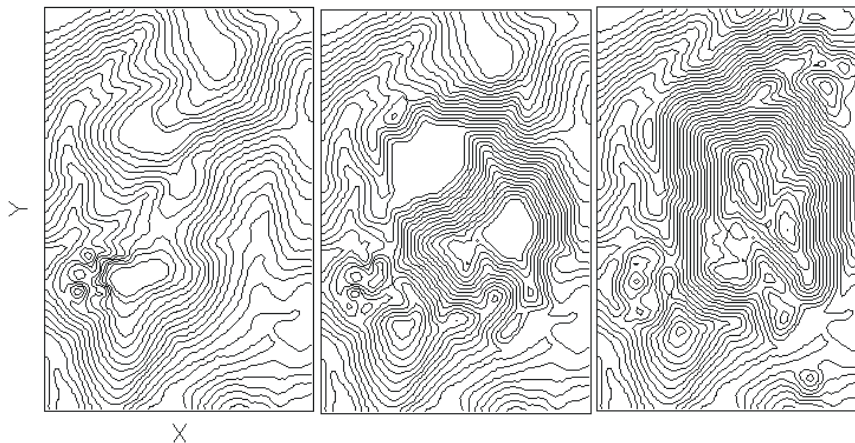


Рисунок 7.10. Вид карьера перед началом разработки, в конце 5-го года и на конец отработки запасов.

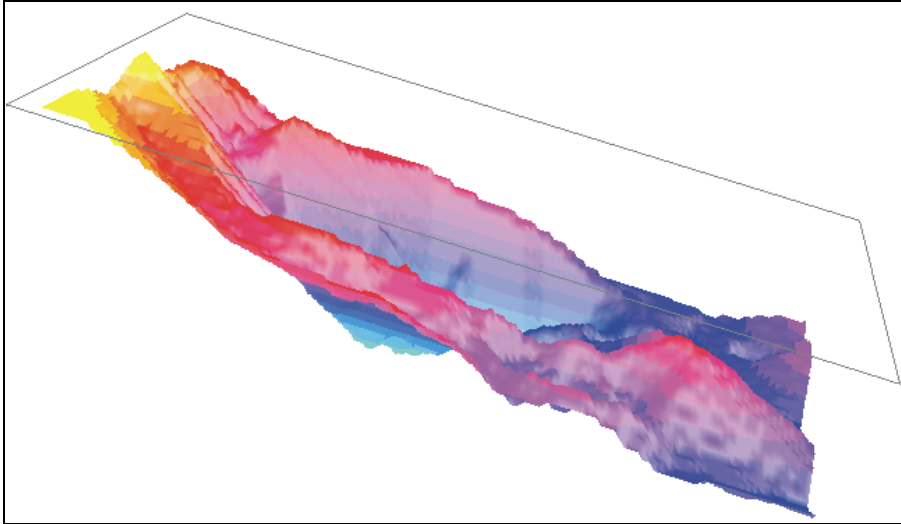


Рисунок 7.11. Вид поверхности карьера в конце отработки

Заканчивая рассмотрение примера, надо отметить, что период планирования может быть каким угодно: недели, месяцы, кварталы и т.д. Но, выполняя очень детальные расчеты, следует учитывать размер блоков используемой экономической модели. Если он очень большой, то Вы не сможете гибко управлять запасами в небольших объемах, т.к. каждая ячейка модели имеет одинаковое качество и экономическую оценку. Для краткосрочного планирования следует работать на специально созданной модели с небольшим размером основного блока.

Ниже приведен пример оптимизации календарного плана карьера сульфидных руд.

В качестве критерия для используемого программой процесса календарного планирования был выбран наиболее простой – минимальное отношение тоннажа горной массы к тоннажу всех типов руды. В принципе может быть использован любой другой критерий, который возможно вычислить из показателей, имеющихся в экономической модели месторождения. Программа рассчитывает наиболее выгодный (по критерию максимума NPV) реальный вариант последовательности отработки месторождения с учетом введенных ограничений.

План был составлен на весь период отработки сульфидного карьера (примерно 16 лет). На рисунках

7.12, 7.13 показан вид карьера на конец 10 и 16 года отработки. На рисунке 7.14 показан график изменения основных показателей для этого варианта исходных данных, критериев и ограничений.

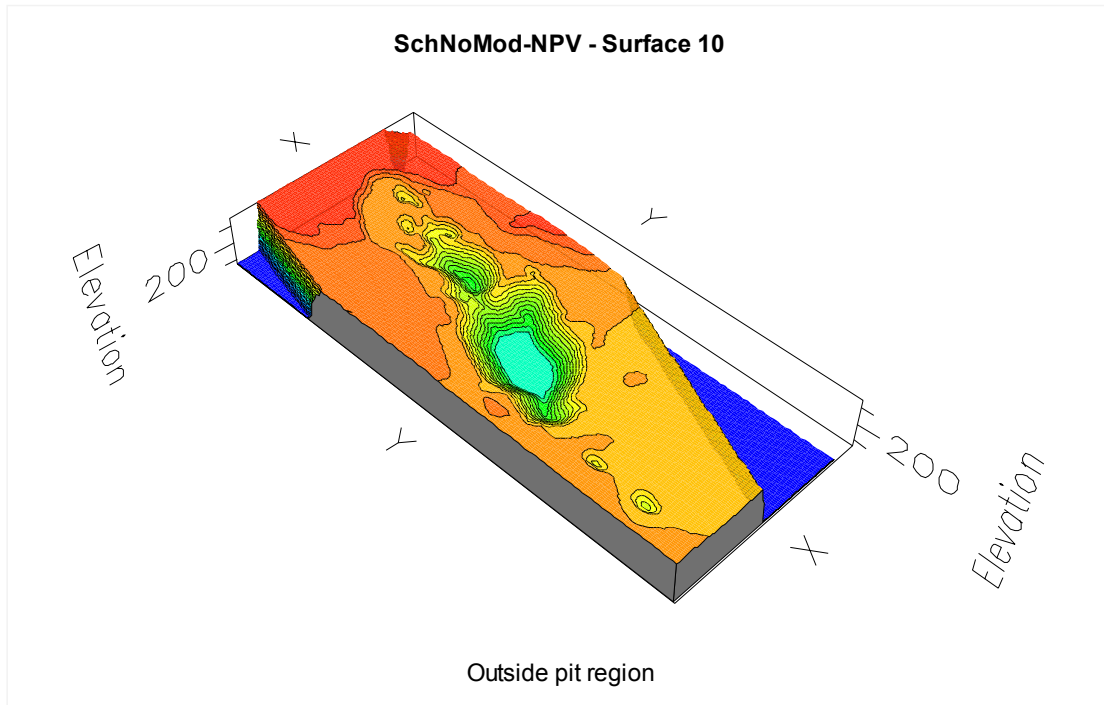


Рисунок 7.12. Вид карьера сульфидных руд на конец 10 года отработки

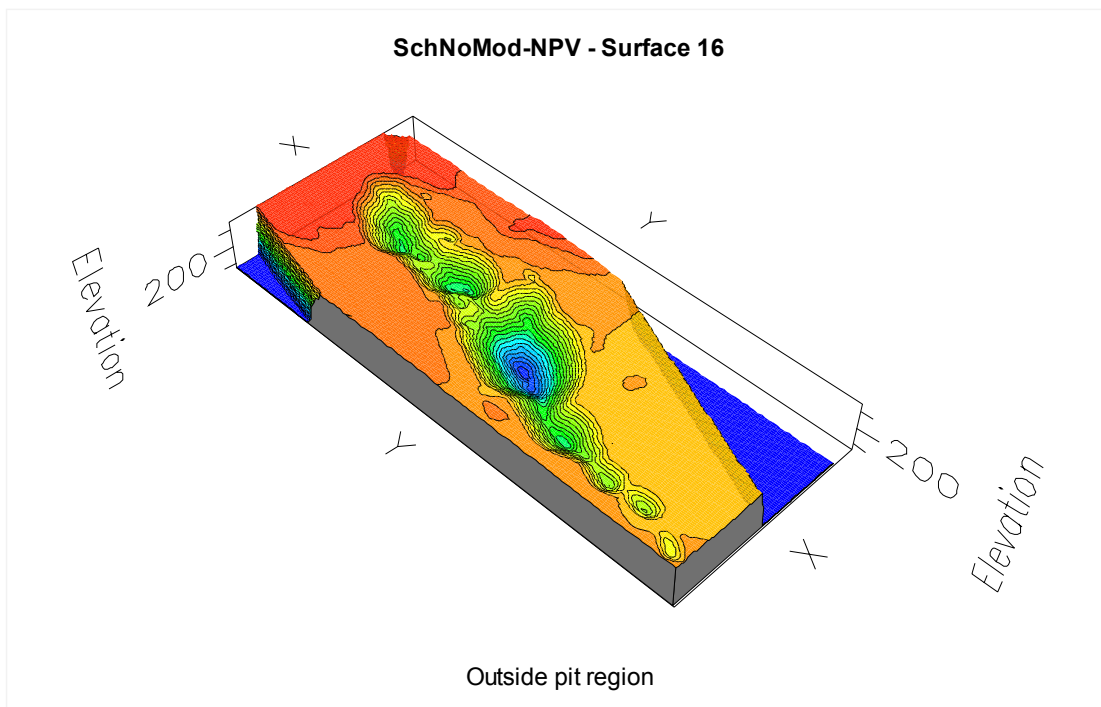


Рисунок 7.13. Вид карьера на конец 16 года отработки

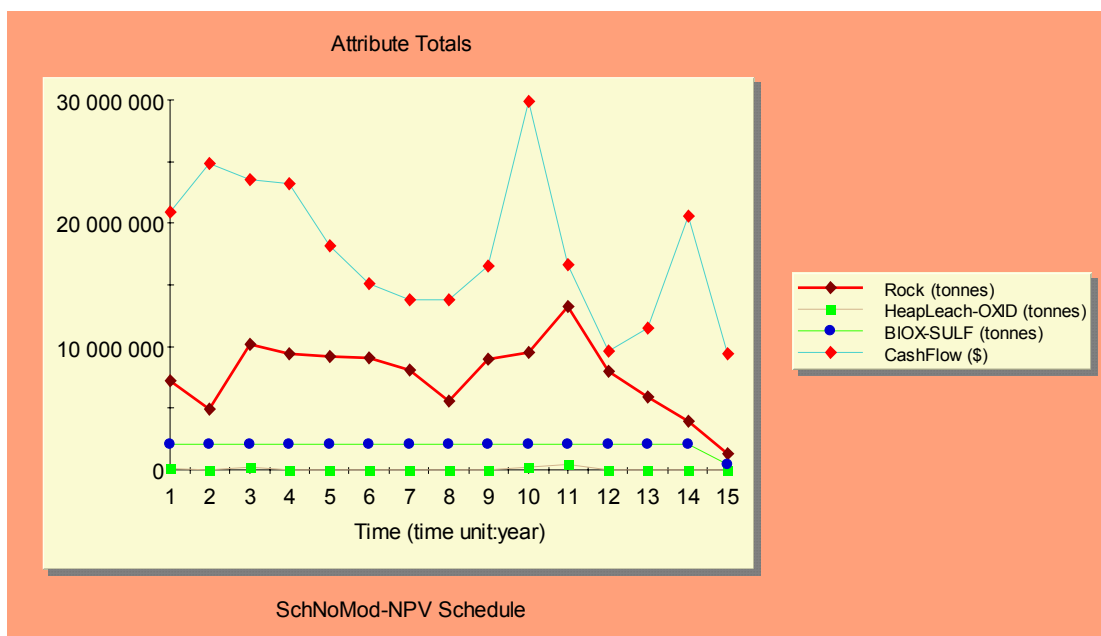


Рисунок 7.14. График изменения во времени объемов добываемой горной массы, руды и денежной наличности.

7.4.2. Оптимизация системы рудопотоков с рудными складами

В этой части мы также будем рассматривать учебный пример проекта «Copper Gold Mine», упомянутый в предыдущем разделе. До начала работы у Вас должен быть создан оптимальный Календарный план по методологии, описанной выше.

В процессе выполнения задачи используются оптимальные последовательности извлечения блоков модели, созданные предыдущим процессом. Рассматриваемый сейчас модуль оптимизирует распределение этих рудопотоков по вариантам переработки руды и имеющимся складам. Для этой работы программа использует метод линейного программирования. Оценки прибыли и NPV делаются на основе геологической модели и модернизированных экономических параметров в соответствии со временем реальной переработки и продажи произведенной продукции.

Эта программа должна работать совместно с модулем оптимизации календарного плана, чтобы увеличить эффективность горного проекта.

В процессе работы программа рассматривает один период за раз (временные единицы – те же, что и в календарном планировании), начиная от первого и заканчивая последним (если пользователь не задал разные параметры и ограничения для разных этапов).

В каждом периоде программа определяет и рассчитывает:

- текущие экономические условия,
- бортовые содержания (при этом материал, который в геологической модели был рудой, в процессе этих расчетов может становиться породой и наоборот),
- все входы материала: из карьера, складов, внешних источников.

Далее с помощью симплексного метода она находит оптимальное (по прибыли и NPV) распределение полученной руды по возможным направлениям использования: ОФ, КВ, рудные и породные склады. **В некоторых случаях руда с содержанием выше экономического бортового может быть направлена в отвал, если имеющиеся мощности переработки и складирования уже полностью использованы.**

Полученный из предыдущего модуля календарный план соответствует производительности ОФ – 14.0 тыс т в день и производительности карьера по горной массе – 33.6 тыс т в день. При этом формируется различный во времени (и по объему) рудопоток на установку КВ. Руда перед укладкой требует дробления. Производительность дробильной установки 2.2 тыс т в день. Часть добываемой

руды (для KB), которая не сможет быть сразу измельчена, будет временно складироваться на рудном складе SULF2. На реальных предприятиях таких складов может быть несколько.

Установка параметров склада начинается с ввода нормы дисконтирования (в нашем примере – 10%) и производительности карьера по капитальной вскрыше (5 млн. т/год). Далее Вы сможете внести корректировки в прогнозируемые Вами параметры:

- Цены металлов
- Себестоимость добычи и переработки руды
- Норма дисконтирования

Все планируемые изменения вносятся в нужные периоды планирования (в нашем примере – годы) с помощью коэффициентов. В данном примере эти параметры не будут изменяться во времени, т.е. все множители равны 1.0.

Теперь следует задать условные названия складов. Введем – S2. Выберем для складирования только тип руды **SULF2**. Далее устанавливаются вместимость склада (10 млн т), затраты на перелопачивание руды (0.1 \$/т) и производительность отгрузки руды со склада (803.0 тыс т/год). Здесь же Вы можете изменять во времени производительность склада и извлечение металлов, содержащихся в руде.

Теперь задаются бортовые содержания (для всех компонентов), выше которых руда будет поставляться на переработку. Вы должны установить также начальное состояние склада перед планированием (в данном случае – 0.0 т с содержанием 0.0).

Далее задаются параметры производительности ОФ (5.11 млн т/год) и KB (0.803 млн т/год), куда в принципе может поставляться руда со склада. В нашем примере эти цифры не будут изменяться во времени. Здесь же можно ввести пределы содержаний компонентов в поставляемой на переработку руде и требуемые объемы выхода металлов после переработки в единицу времени.

Если Вы используете комплексные показатели качества, то они будут высвечиваться в соответствующей таблице ниже перечисленных единичных показателей (содержаний). Минимальные и максимальные значения для них задаются так же как и для содержаний. Например, если надо установить для какого-то показателя значение, равное 0, то можно записать: минимум= - 0.0001, а максимум= 0.0001.

В отдельной таблице устанавливаются контролируемые параметры усреднения руды. Этим способом определяется доля определенного типа руды в каком-то процессе. Если задано более одного типа, то установленное ограничение будет относиться к их суммарному тоннажу.

После нажатия кнопки Add или Edit будет открыто окно для ввода параметров. Для максимального удобства параметры усреднения задаются в виде отношения A/B, где:

$$A = v1 + v2 + \dots$$

$$B = u1 + u2 + \dots$$

v1, v2, ... комбинации типа руды и метода переработки

u1, u2, ... методы переработки

Например, мы имеем 3 типа руд: R1, R2, R3 и 2 метода их переработки: M1 и M2. В этом случае мы получим 6 переменных типа v (R1-M1, R2-M1, R3-M1, R1-M2, R2-M2, R3-M2) и 2 переменных типа u (M1, M2). Таким образом, функция A может быть равна сумме одной, двух...и шести переменных, а функция B может быть равна M1, M2, or M1+M2.

Следующая установка связана с выбором критерия оптимизации. Поскольку мы выполняли оптимизацию календарного плана по критериям **MiningRatio** и **NPV**, то здесь мы также устанавливаем эти показатели. В данном примере выберем опцию **«Произвести оптимизацию для заданной производительности карьера»**

Далее Вы можете разделить типы руды по классам содержаний. Для оптимизации складов с заданной производительностью карьера это делать необязательно, но часто бывает полезным, т.к. позволяет программе увеличивать NPV, смешивая разные сорта добываемой руды. В следующем разделе мы покажем, как используется эта опция.

Выберем медь, как главный компонент в руде, для которого программа будет рассчитывать условное содержание (в нашем примере - условная медь). Уравнение для расчета:

$$\text{Условная медь} = \text{Cu} + (\text{Cu борт} / \text{Au борт}) * \text{Au}$$

Установим также максимальные бортовые содержания для обеих типов руды и количество образуемых классов содержаний (табл.7.4).

Классы содержаний для данного типа руды определяются самым высоким бортом и количеством классов. Например, предположим, что высочайший борт равен 10 г/т, количество классов – 11, а экономический борт – 0.4 г/т. Тогда верхний класс руды будет включать руду с содержаниями выше 10 г/т, второй класс 9-10 г/т, третий 8-9 г/т и т.д. Последний класс будет включать интервал 0.4-1 г/т.

Можно задать требуемое количество классов содержаний для каждого типа руды. Если Вы не хотите для каких-то сортов задавать классы, то определите максимальный борт = 0, а число классов = 1.

Таблица 7.4. Параметры содержания условной меди

Тип руды	Maximum, Максимальный борт	Number, количество классов
SULF1	1.0	20
SULF2	1.0	20

Запускаем программу оптимизации.

На выходе мы получаем полную картину рудопотоков карьера с учетом прохождения руды через склады. На рис. 7.15. показан график изменения по годам:

- Объемов поставки руды на склад
- Отгрузки руды со склада на КВ
- Объемов руды на складе.

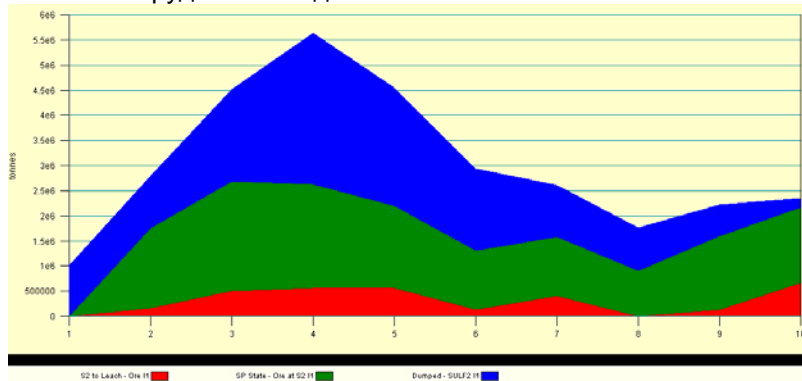


Рисунок 7.15. Изменение по годам объемов руды, проходящей через склад

В формируемой программой таблице содержатся подробнейшие характеристики всех рудопотоков карьера для каждого планового периода, а также экономические оценки принятой стратегии. В нашем примере суммарная величина NPV составила 132.56 млн долларов.

Заканчивая этот раздел, надо отметить, что программа позволяет учитывать в системе рудопотоков руду (или другие компоненты), поставляемую из посторонних источников (например, из подземного рудника, входящего в состав горного предприятия). В этом случае Вы должны указать дополнительно:

- Количество поставляемой извне руды во времени
- Цена единицы руды

- Содержание в руде всех важных компонентов

7.4.3. Оптимизация бортовых содержаний и производительности рудника

Следующий шаг, который будет сделан вместе с пакетом NPV Scheduler – оптимизация бортовых содержаний или производительности карьера, что в принципе одно и то же.

Этот процесс будет рассчитывать оптимальные борты (которые должны быть выше, чем экономические) с целью улучшения параметра NPV. При заданной производительности стадий переработки руды повышение производительности карьера приводит к возрастанию борта ОФ, а вся оставшаяся не переработанной руда будет временно складироваться или вывозиться в отвал.

Решающее значение в процессе оптимизации бортового содержания играет наиважнейший тип руды и выбранный процесс его переработки. Учитывая тесную связь бортового содержания и производительности карьера по горной массе, проблема может быть также сформулирована, как оптимизация производительности карьера или его рудопотоков. Такая формулировка более подходит для данного случая, т.к. здесь одновременно оптимизируются много бортовых содержаний, связанных с разными типами руды и разными процессами их переработки.

В задаче оптимизации системы рудопотоков карьера целью является определение их производительности для всех этапов жизни карьера, использования разных методов переработки, с учетом всех ограничений, усреднения и т.д. и т.п., что позволяет максимизировать NPV. Задача оптимизации бортов решается автоматически при оптимизации производительности рудопотоков.

Процесс использует метод динамического программирования и позволяет в ряде случаев серьезно повысить эффективность рассчитанных перед этим календарного плана и программы управления рудными складами. По сути дела – это оптимизация складов, в которой дополнительно рассчитываются наилучшие значения бортовых содержаний для каждого процесса переработки руды. В процессе расчетов оптимальная последовательность извлечения блоков модели (полученная из программы календарного планирования) остается неизменной. Перемены касаются только скорости извлечения запасов руды.

Мы продолжим рассматривать тот же пример, но добавим второй склад с большими возможностями для руды SULF1. Поскольку производительности ОФ и КВ остаются неизменными, то появление нового склада большой вместимости позволит варьировать производительностью карьера и бортовыми содержаниями для достижения максимума NPV. Программа работает на основе теории (алгоритма) Lane, посвященной оптимизации бортового содержания.

Скопируем все предыдущие установки, которые мы использовали для оптимизации работы складов, в наш новый проект. Зададим параметры для нового дополнительного склада. Тип руды - SULF1, емкость – 25 млн т., затраты на перегрузку – 0.1\$/т, производительность – 5.11 млн т/год (табл. 7.5).

Таблица 7.5. Параметры нового склада

Box	Entry
Capacity	025,000,000
Rehandling cost	0.10
Basic rate	005,110,000

Возможности по переработке руды остаются неизменными: производительность ОФ – 5.11 млн т/год, КВ – 0.803 млн т/год.

Теперь установим число возможных оценок производительности карьера (по горной массе) за единицу времени, т.е. максимальное число различных значений этого параметра, используемых в оптимизации для любого момента времени и любого состояния добычных работ в это время. Это число должно находиться в интервале 10-500 (по умолчанию –100). В данном примере используется – 80.

Аналогичный параметр задается для числа оценок NPV в процессе оптимизации. Мы будем использовать величину 100.

Здесь же можно задать предельную производительность карьера по горной массе и изменения этого параметра во времени. Для сокращения времени работы программы рекомендуется вводить

хотя бы одно значение максимальной производительности. Мы будем использовать значение 20 млн т/год для всего срока жизни карьера.

Для выбора режима оптимизации рудопотоков отметьте в установочной таблице опцию **"Optimize mining rates and cutoff grades"**.

Запустите программу. После окончания ее работы как и в предыдущем расчете мы получим на выходе таблицу со всеми параметрами каждого рудопотока (включая рекомендуемый борт для каждого процесса), а также – набор всевозможных графиков для иллюстрации результатов вычислений. На рис. 7.16. показан график оптимальных бортов по годам работы карьера для руды, поставляемой на ОФ и КВ.

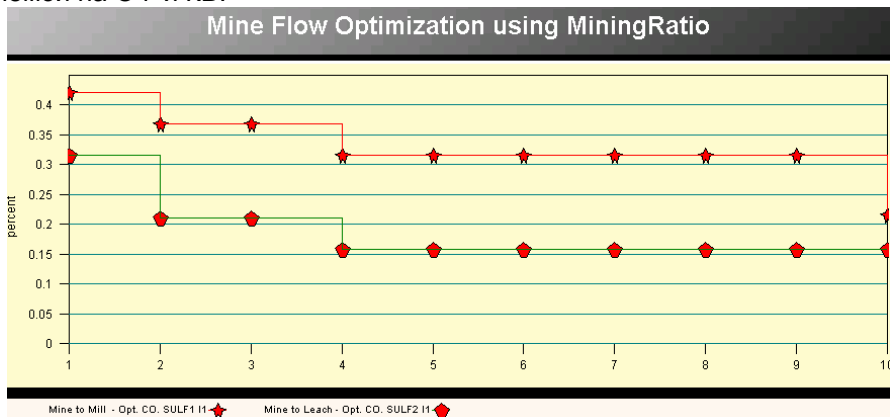


Рисунок 7.16. Результаты оптимизации бортовых содержаний условной меди для рудопотоков на ОФ и КВ.

Отметьте, что в результате дополнительной оптимизации производительности рудопотоков мы получили величину NPV = 136.5 млн долларов, что на 4 млн больше, чем в предыдущем расчете.

7.4.4. Заключение

Пакет программ NPV Scheduler – мощный набор инструментов, дающий в руки грамотного пользователя массу возможностей для получения действительно оптимального проекта или плана. Но для того, чтобы хорошо «играть» на этом инструменте надо знать, что он делает, где он может ошибиться, а что вообще не умеет делать. Поэтому специалист должен иметь понятия о целом ряде дисциплин: экономике, горном деле, геологии и технологии.

Пакет может использоваться для разных стадий планирования горных работ, поэтому каждый раз надо оценивать, подходит ли Ваша блочная модель для той или иной стадии. Первичная геологическая модель (на основе детальной разведки) будет идеально соответствовать календарному плану по годам отработки, создаваемому на стадии проектирования. Для месячного и недельно-суточного планирования больше подойдет модель с небольшими блоками по данным эксплоразведки.

Применяя эти программы всегда следует иметь в виду, что в них специально не вводятся капитальные затраты, т.к. это не предусмотрено используемыми теоретическими основами применяемых алгоритмов. При необходимости, их всегда можно ввести, как составляющие (удельные) затраты по другим «легальным» статьям.

Если требуется, то можно вводить в программу реальные этапы отработки карьера (в виде поверхностей) и далее, минуя стадии оптимизации конечных контуров карьера и создания этапов, сразу переходить к календарному планированию и оптимизации рудопотоков.

Критерий оптимизации карьеров по величине дохода (profit) (устанавливается при создании экономической модели) используется редко. Полученный, таким образом, карьер нельзя в будущем использовать для календарного планирования, т.к. там нужны производственные затраты.

Пакет непрерывно совершенствуется и развивается. Сейчас в нем имеется программа, позволяющая оптимизировать рудопотоки, поступающие от нескольких горных предприятий, у каждого из которых имеется своя модель месторождения со своим прототипом и т.д.

7.5. Пример использования технологии Whittle (алгоритм Milawa) для оптимизации последовательности горных работ на карьере [3]

Алгоритм Milawa позволяет оптимизировать последовательность отработки запасов месторождения по критерию максимума NPV, а также определять наилучшую производительность карьера. Преследование этих двух целей одновременно позволяет избежать завышения объемов вскрыши на последних этапах жизни карьера, к чему приводит использование только критерия NPV.

Рассматривается пример большого медного карьера, на котором предполагается модернизация обогатительной фабрики на 3 и 4 годах жизни (табл. 7.6.). Все другие показатели (затраты, норма дисконтирования и т.д.) при этом не изменяются.

Таблица 7.6. Изменение производительности рудника

Процесс	Год	Производительность, млн. т
Переработка руды	1	5.0
	3	8.0
	4	10.0
Добыча руды	1	35.0
	2	40.0

На рис. 7.17 показывает изменение тоннажа руды, горной массы и NPV для каждой оболочки карьера, полученной в ходе его оптимизации. График NPV имеет 2 кривые, соответствующие лучшему и худшему вариантам последовательности (секвенции в данном изложении) отработки уступов карьера.

Разные компании, имея различные корпоративные цели, могут выбирать различные оболочки для своего предельного карьера. В данном случае был выбран карьер 32, который дает практически максимум NPV, но значительно меньшие, чем предельный карьер, объемы горной массы.

Так называемая «худшая секвенция» (рис. 7.18.) предполагает поуступную отработку карьера с минимально возможным углом его рабочего борта. Этот случай характеризуется максимальными объемами вскрыши в начале отработки. На рис. 7.19 показан лучший из возможных (но практически недостижимых) сценариев последовательности, когда угол рабочего борта карьера всегда максимален и почти равен углу нерабочего борта. Максимум NPV в этом случае – 368 млн. долларов.

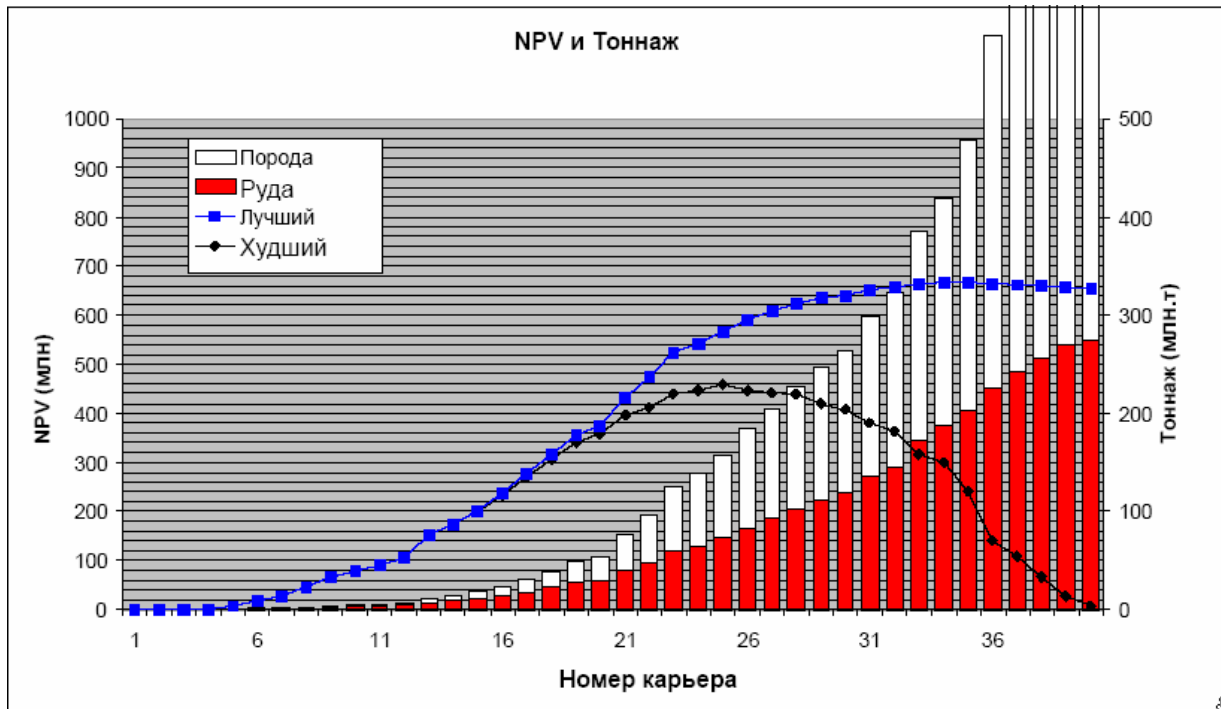


Рис. 7.17. Параметры оболочек встроенных карьеров

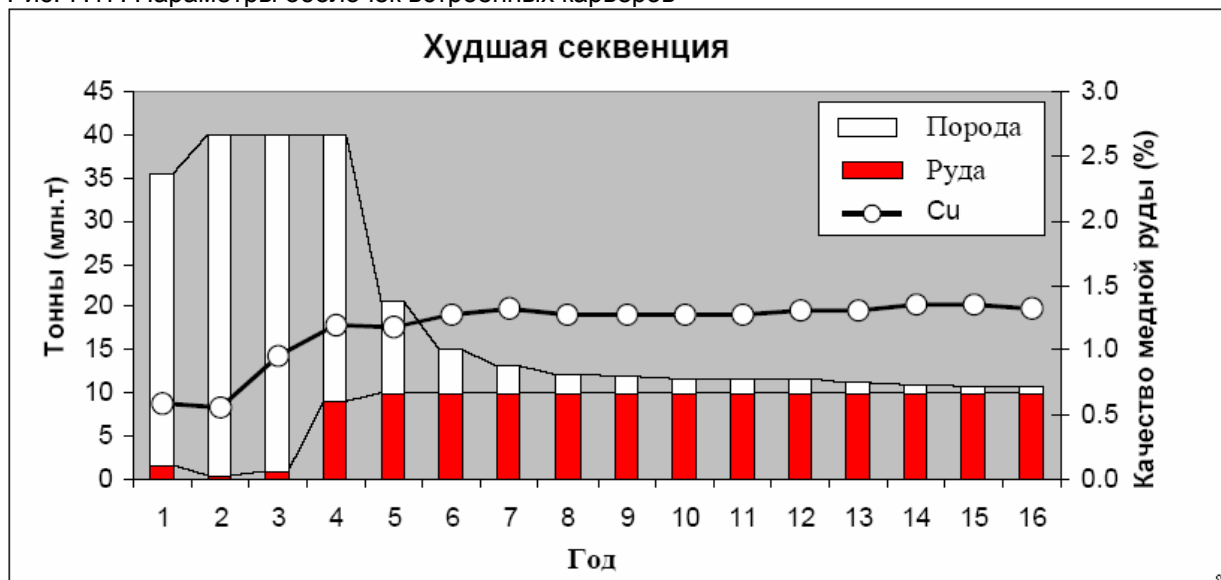


Рис. 7.18. Худший вариант последовательности (секвенции) отработки карьера

Если запустить программу оптимизации последовательности отработки, то по критерию максимума NPV мы получим график (рис. 7.20), дающий близкое к наивысшему значению NPV = 354 млн. долларов. Но полученный график ежегодного изменения объемов горной массы и коэффициента вскрыши не может считаться удовлетворительным, т.к. ежегодные изменения этих параметров чересчур «экзотичны».

На рис. 7.21 показаны кумулятивные графики Руда/Порода для каждого из только что рассмотренных случаев. Он показывает область допустимых решений, в которой находится и приемлемый для нас вариант. Можно предположить гипотетический вариант, показанный на рис. 7.21 сплошной красной линией, который основан на варианте оптимальной последовательности (рис. 7.20).

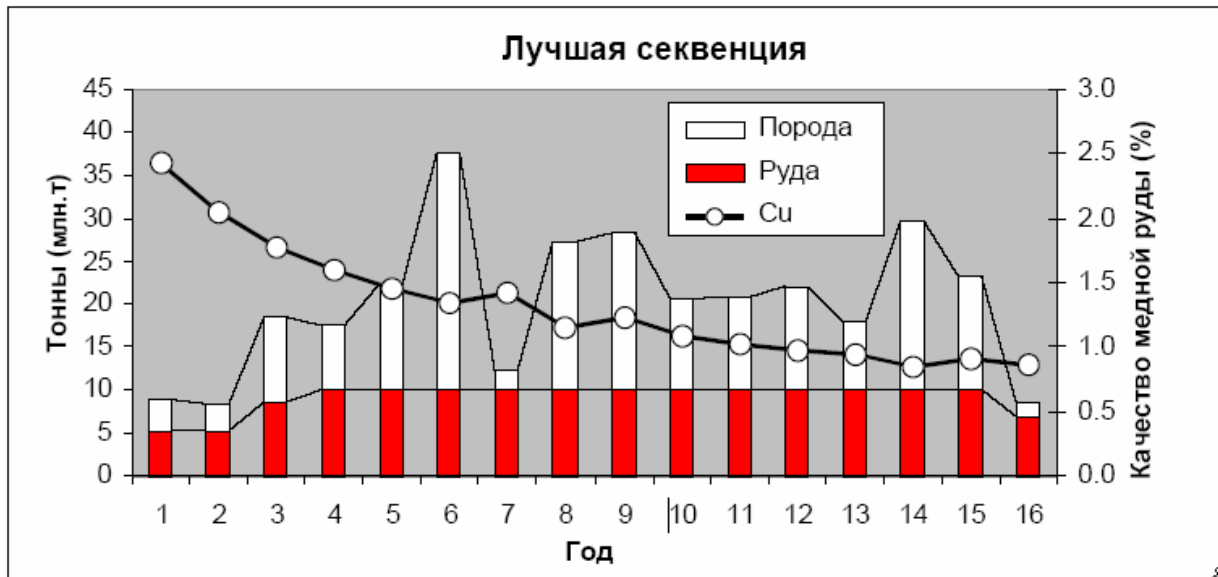


Рис. 7.19. Лучший вариант последовательности отработки карьера

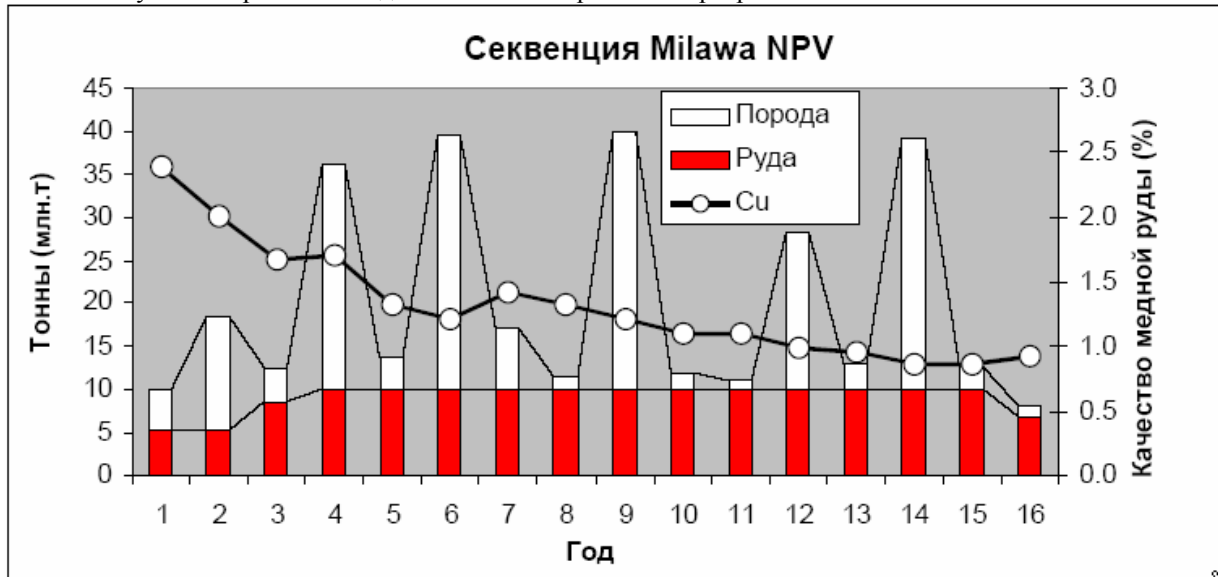


Рис. 7.20. Вариант последовательности отработки карьера, дающий максимум NPV

На графике точка А соответствует году 5, который принят за эталон при планировании добычи руды в следующие годы. Контрольная точка В соответствует увеличению коэффициента вскрыши, начиная с года 6, а точка С – параметрам добычи в предпоследний год жизни карьера. Такие контрольные точки графика соответствуют примерной ежегодной добыче горной массы; 17.3 млн т в годы 1 – 5, 37.5 млн т в годы 6 и 7, а начиная с года 8 - 23.1 млн т,

Получив такие ограничения, программа рассчитала новый график, показанный на рис. 7.22., который дает NPV = 341 млн долларов. Кумулятивный график, построенный для этого случая (рис. 7.23), показывает, что фактическая кривая Руда/Порода несколько отличается от заданных нами ограничений. Целевые точки А, В и С соответствуют установленным, но между ними имеются отклонения.

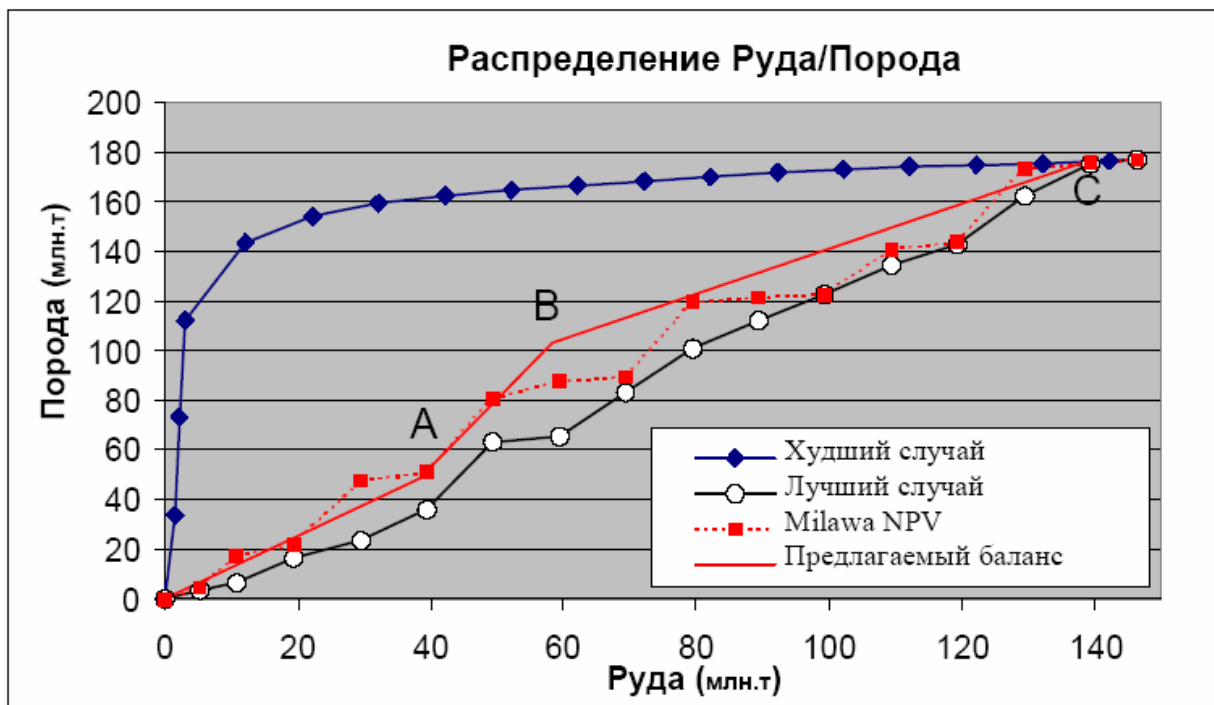


Рис. 7.21. График Руда/Порода с оптимальной (по NPV) производительностью.

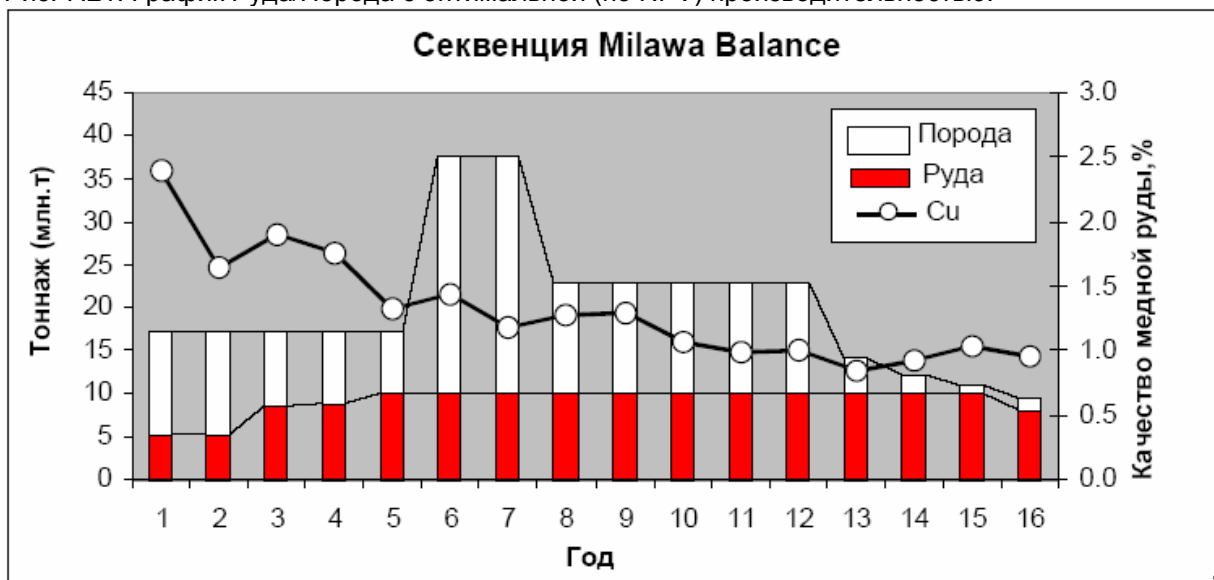


Рис. 7.22. Вариант последовательности с заданной производительностью.

Можно, сдвинув контрольные точки, несколько улучшить NPV (до 344 млн долларов) и получить график, показанный на рис. 7.24.

Дальнейшее улучшение эффективности отработки месторождения может быть достигнуто за счет использования модуля Whittle – **Opti-Cut**. Этим достигается оптимизация бортового содержания меди в руде по критерию NPV, которая достигает в этом случае 370 млн долларов. При расчете было использовано ограничение на предельный объем извлекаемой горной массы – 40 млн т в год (рис. 7.25). Отметим, что в данном случае увеличение NPV достигнуто за счет повышения борта в первые годы отработки карьера.

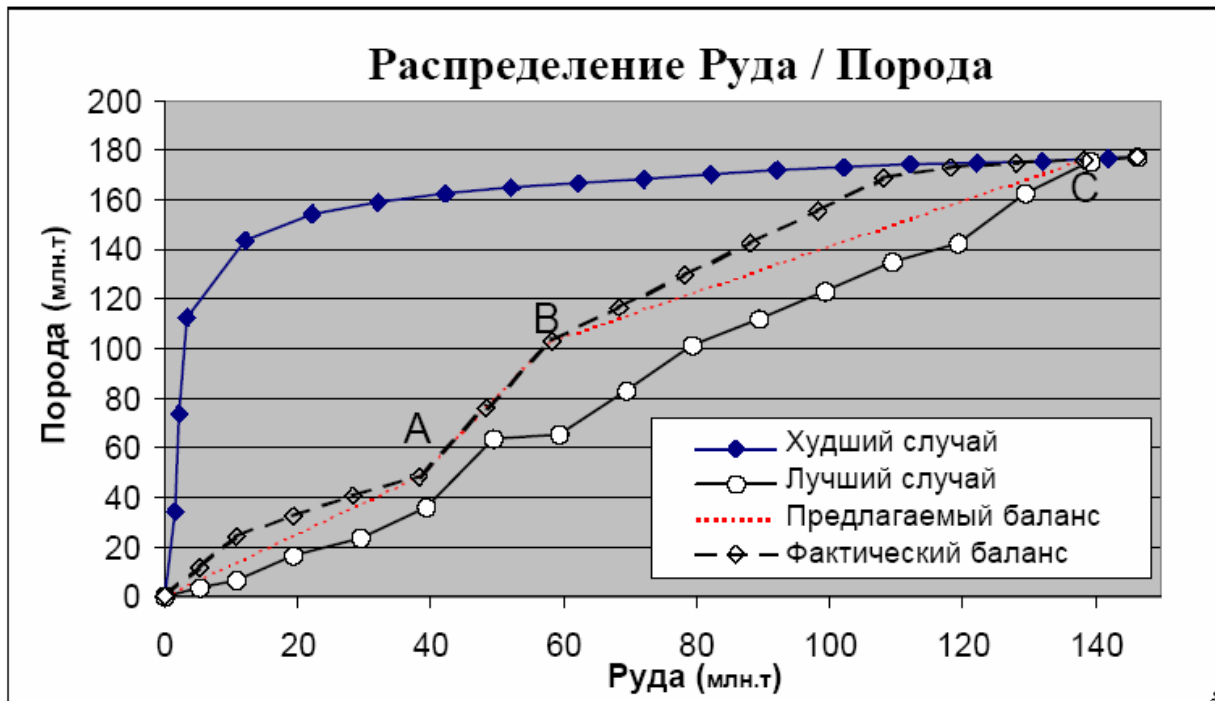


Рис. 7.23. График Руда/Порода с использованием ограничений по производительности.

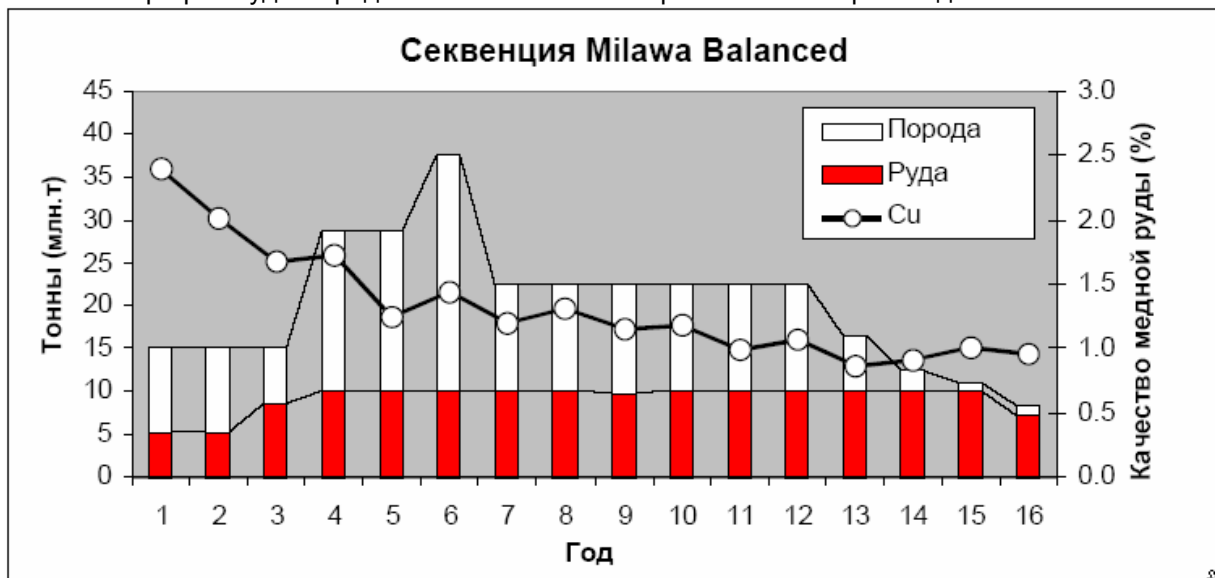


Рис. 7.24. Улучшенный вариант последовательности с заданной производительностью.

Из рассмотренного примера видно, что последовательность отработки месторождения и принятая стратегия регулирования бортового содержания играют определяющую роль в повышении эффективности горных проектов. Введение ограничений по производительности позволяет при этом добиться реальных графиков горных работ, позволяющих использовать приемлемые стратегии капиталовложений в горную технику. Обычно такие расчеты требуют многих итераций и продуктивной работы инженеров – планировщиков. Программные продукты Whittle позволяют получать оптимальные решения этих задач в короткое время.

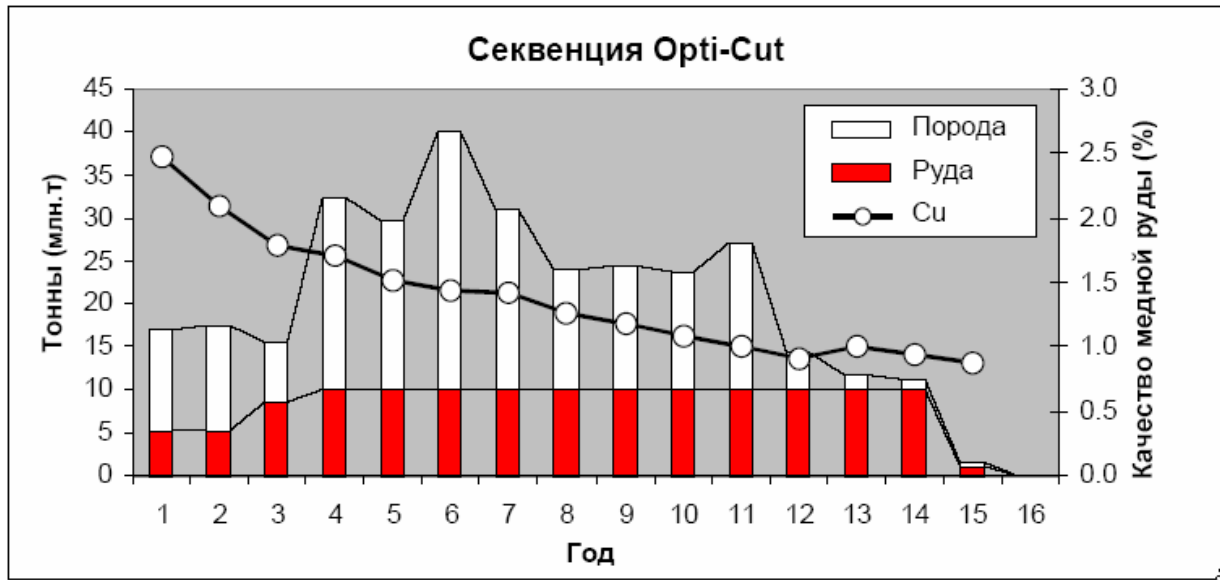


Рис. 7.25. Вариант последовательности с оптимальным бортовым содержанием.

7.6. Оптимизация размещения выемочных блоков на подземных рудниках

7.6.1. Введение

Для начала компьютерного проектирования подземного рудника необходимо располагать блочной моделью месторождения (см. главу 5), каркасной моделью рельефа поверхности, информацией о существующей сети подземных выработок (каркасной моделью этой сети), а также большим набором технико-экономической информации о районе месторождения, ситуации на рынке металлов, экологических ограничениях и т.п. и т.д.

Лучше, если блочная модель содержит не только информацию о качестве и плотности руды, а включает в себя также геомеханические параметры массива, сведения о гидрогеологии и другие – жизненно важные данные для подземного рудника.

Блочная модель месторождения позволяет с высокой степенью достоверности оценить его геологические запасы и сделать предварительный вывод о целесообразности отработки этих ресурсов подземным способом.

Если месторождение предполагается обрабатывать комбинированным способом, то для первичной оценки глубины перехода от открытых к подземным работам можно использовать рассмотренную выше программу MaxiPit. В этом случае экономические показатели подземной добычи могут оказать воздействие

на границы открытых горных работ. При таком варианте оптимизации экономическая оценка (значение прибыли от переработки руды данной ячейки модели) блоков модели будет предварительно пересчитана следующим образом:

- Новая оценка блока = оценке при открытой добыче - оценка при подземной добыче.

Эта новая оценка используется только для определения оптимальных границ открытых работ при комбинированной отработке залежи. В расчете статистических параметров полученного карьера учитываются только полностью «карьерные» исходные оценки блоков модели.

Для начала такого расчета Вы должны задать, по крайней мере, один тип руды и один метод ее переработки для подземной добычи. Несколько замечаний:

1. Если блок модели содержит подъячейки руды и породы, то для подземной добычи используется только его рудная часть.
2. При расчете себестоимости добычи руды из подземного рудника затраты на добычу должны быть включены в сумму общих затрат на переработку руды.
3. При таком расчете (только для подземной руды) будут игнорироваться следующие исходные данные: все коэффициенты изменения себестоимости добычи и переработки руды, имеющиеся в модели, разубоживание, потери руды при добыче и затраты на рекультивацию. Поэтому, если эти показатели играют определяющую роль, то они должны быть учтены каким-то другим способом.
4. Если подземным способом предполагается добывать только определенный тип руды, то Вы должны будете установить для него особое название и единственный способ добычи – подземный.

В результате расчетов Вы получите предельный карьер, дно которого будет размещаться на глубине, где экономически целесообразно перейти на подземный способ добычи руды.

7.6.2. Процессы системы Датамайн

Почти все интегрированные горные системы сейчас имеют программы, которые оптимизируют размещение очистных блоков по имеющейся блочной модели месторождения. Для примера, ниже приведен такой расчет с использованием программы Orefinder компании Earthworks.

В системе Датамайн, например, для этой цели используются 2 процесса: **MODENV** и **ENVSEQ**.

Процесс **MODENV** отмечает и выделяет те блоки модели месторождения, которые экономически целесообразно извлекать по отдельности или совместно со смежными блоками с учетом горных

ограничений на минимальную ширину выработанного пространства. MMU (Minimal Mining Unit) – это очистной блок с минимальными размерами.

Процесс создан на основе алгоритма «плавающего очистного блока» ('floating stope'), который сейчас может быть использован и для карьеров. Он схож с описанным ниже пакетом **Orefinder**, но является частью Датамайн и не требует отдельной лицензии. Кроме того, на результатах работы этого процесса может быть запущена программа ENVSEQ, которая будет оптимизировать последовательность извлечения выделенных блоков для достижения максимального эффекта.

Программа рассматривает все кондиционные (по заданному борту) блоки и формирует варианты их объединения в очистные блоки различных размеров, из которых затем выбираются наилучший.

Критерий для определения оптимального положения блока выбирается пользователем из следующих вариантов:

1. Максимум тоннажа руды. При равенстве тоннажа выбирается блок с более высоким содержанием
2. Максимальное среднее содержание в блоке
3. Максимальное количество металла в руде
4. Максимальная денежная оценка руды в блоке

Параметр @ENVTYPE задает тип формируемых оболочек блоков: минимальный или максимальный. Минимальная оболочка – это граница наилучших MMU при учете только рудных блоков модели. Максимальная оболочка получается, когда обрабатывается рудно-породная модель, и внутри экономически целесообразных MMU могут быть как рудные, так и породные ячейки. Детальное проектирование очистных блоков должно вестись снаружи минимальных и внутри максимальных MMU.

Максимальная оболочка обеспечивает размещение в ней всех возможных вариантов положения MMU. Форма и ориентация MMU могут быть заданы одним из следующих методов с увеличивающейся гибкостью:

1. Метод 1 определяет MMU как 3-х мерный параллелепипед, перпендикулярный к осям входной блочной модели. Расположение MMU определяется размером, координатами начала, максимальными координатами и приращением (?) MMU
2. Параметры ограничивают оболочку прямоугольной формой с размерами, движущимися вдоль координатных осей. Это облегчает оптимизацию методом плавающего MMU.
3. Непрямоугольная форма MMU может быть получена заданием специальных коэффициентов для каждой оси.
4. Поворот MMU может быть задан самой моделью, если она предварительно была развернута.

5. Пользователь может в принципе задать любую форму MMU, используя несколько дополнительных параметров при запуске процесса.

Предопределенные объемы пустой породы могут быть смоделированы перед созданием оболочек. Заданные минимальные размеры породных прослоев могут быть или удалены из оболочек, или использованы для подшихтовки руды. В этом случае требуется проверка обогатителей, которые должны подтвердить целесообразность такого разубоживания рудопотока.

Все блоки входного файла записываются в выходной файл с дополнительным полем «*MINED», которое содержит информацию о блоках, соответствующих заданному критерию. Там, где ячейка модели выходит за пределы оболочки, она не делится, но создается информация о пропорции MMU этой ячейки в оболочке.

Может быть выведена блочная модель с размером ячейки, равным величине приращения MMU. Это облегчает визуализацию и требуется на входе в процесс оптимизации последовательности обработки блоков ENVSEQ. Модель содержит поля:

- *GRADE - среднее содержание в блоке и *VALUE – для денежной оценки.
- *DENSITY – средняя плотность
- *ENVBEST - содержание или оценка в оболочке, где имеются части MMU.
- *OPTIMISE – значение параметра оптимизации.

Определенные области модели могут быть исключены из оптимизации, чтобы ограничить число оболочек MMU. В качестве примеров можно назвать предварительно отработанные области, блоки выше поверхности топографии, или участки, которые были исключены из планов добычи по разным причинам.

Процесс **ENVSEQ** запускается после процесса MODENV и определяет оптимальную последовательность обработки блоков с учетом технологических и экономических требований и ограничений.

Из процесса MODENV мы получаем файл блочной модели с дополнительными полями *ENVELOPE и *ENVNUM, которые определяют классификацию ячеек и их группировку в соответствии с выбранным ранее критерием оптимизации. На выходе процесса также формируется файл &RESULTS, который суммирует статистику по MMU: тоннаж, содержание, денежную оценку, центр тяжести, номер и классификацию блоков. В дальнейшей обработке процессом ENVSEQ используется только поле *ENVELOPE (классификация блоков).

Расчет последовательности должен учитывать развитие горных работ, доступ к блоку и требования обогатителей к поставляемой на переработку руде. Критерии для оптимизации используются те же, что и в процессе MODENV.

Во входном файле &SEQUENCE пользователь задает те последовательности извлечения блоков, которые он хочет предопределить. Может быть задано 3 типа таких связей:

1. Задается 1 или больше блоков (оболочек), с которых начинается выемка запасов. Это дает возможность начать обработку запасов с одного или нескольких шахтных стволов
2. Для блока 2 указывается, что он может быть отработан только после блока 1.
3. То же, что и п. 2, но между 1 и 2 допускается обработка промежуточных блоков.

Если файл &SEQUENCE не определен, то процесс выбирает блоки в соответствии с установленным критерием. Начальный блок выбирается по максимальному значению критерия.

Оптимальная последовательность описывается в выходном файле &OUT с помощью пар номеров оболочек ENVNUM1 и ENVNUM2. Результат может быть показан в виде графа, где каждый блок имеет только 1 родительский блок, но каждый родительский блок может иметь более одного производного блока.

7.6.3. Программа Orefinder

Программа использует алгоритм плавающего очистного забоя, который является аналогом метода плавающего конуса, используемого для оптимизации карьеров. Она способна быстро оценить плюсы и минусы новых схем освоения месторождений, а также создать экономически приемлемые границы очистных рудных блоков. Возможности программы:

1. Импорт блочных моделей из разных горных систем
2. Оптимизация границ очистных забоев для разных исходных параметров отработки по одному из критериев:
 - Максимум извлекаемой руды
 - Максимум содержание полезных компонентов в руде
 - Максимум извлекаемого металла в руде
 - Максимальный комплексный показатель (введенный пользователем)
3. Определение минимальных (только рудных) и максимально допустимых границ блоков с учетом частичного извлечения пород
4. Оптимизация извлечения, как основных блоков, так и междублочных целиков
5. Исключение из оптимизируемой модели целиков капитальных выработок и других – по указанию пользователя.
6. Создание отчетных статистических данных по результатам оптимизации
7. Экспорт полученных блочных моделей очистных блоков для дальнейшего использования в горных системах для проектирования

Первым шагом оптимизации является импорт блочной модели из какой-то горной системы, например, из Датамайн. При импорте Вы оставляете в модели нужные для Вас показатели (поля), а также указываете поле для оптимизации (обычно – одно из содержаний или какой-то комплексный показатель). Кроме того, на этом этапе вводится поле, содержащее преобладающее (желательное) содержание оптимизируемого компонента в поставляемой на фабрику руде.

Здесь Вы можете указать поле модели, в котором указано, будет ли данный блок когда-то отрабатываться, или он находится в охранном целике и т.д. Далее вводится требуемая для отчета информация.

Теперь Вы можете задать также:

- Границы оптимизации по координатным осям. Например, можно рассмотреть только один горизонт или часть шахтного поля
- Минимальные размеры очистной выработки по координатным осям
- Размер шага увеличения размеров блока при оптимизации
- Минимальные или максимальные размеры очистного пространства Вы хотите получить. Оптимум, как правило, находится посередине этих значений.
- Минимальный процент руды в блоке
- Бортовое содержание оптимизируемого компонента в руде
- Способ добычи руды: с отделением породы от руды или совместная добыча
- Параметры разубоживания и потерь руды
- Способ интерпретации пустот в блочной модели: как воздух или порода.

На выходе процесса Вы получаете блочную модель оптимальных очистных блоков (рис. 7.26) , а также – набор статистических показателей, собранных в таблицу (табл. 7.7).

После экспорта – импорта модели в систему Датамайн ее можно рассмотреть в окне проектирования, визуализере (рис. 7.26) и, далее, использовать в детальном проектировании подземного рудника.

Таблица 7.7. Информация на выходе программы

Название проекта:	Case 1					
Входная модель:	MODELN2A.DM (блочная модель)					
Критерий оптимизации:	Максимум металла					
	Минимальное очистное пространство					
	Мин. % руды в блоке = 70 %					
	Бортовое содержание AU = 2.300 г/т					
Выемка:	Селективная (только руда)					
	Разубоживание: 10 %					
	Содержание в добавляемой породе: 1.0 г/т					
	Плотность добавляемой породы: 2.6 т/м3					
	Потери руды: 10 %					
Входные поля:	Оптимизация по полю: AU					
Плотность:	DENSITY					
По умолчанию:	Содержание в добавляемой породе:	1.000 г/т				
	Плотность	2.600 т/м3				
	Среднее содержание на ОФ: 5.000 г/т					
	Содержание в породе: 1.000 г/т					
	Плотность породы: 2.600 т/м3					
Отсутствие блоков в модели интерпретируется как порода						
Размеры очистного пространства:	X	Y	Z			
Минимальное пространство:	10	10	5			
Пропорция возможного уменьшения размеров:	2	2	1			
Размер шага уменьшения размеров:	5	5	5			
Начало модели:	57850	35200	-100			
Размеры модели:	1150	1600	150			
ВХОДНАЯ МОДЕЛЬ:						
	Всего	Порода	Руда	Порода/Руда		
Объем (м3)	8028	4261	3767	1.131		
Плотность руды (т/м3)	2.240	2.253	2.225			
Тоннаж (т)	17980	9598	8382	1.145		
Содержание Au,(г/т)	3.833	1.095	6.969			
Металл (кг)	68922	10512	58410			
ИНФОРМАЦИЯ ПО ИНТЕРВАЛАМ:						
	ВНУТРИ ИНТЕРВАЛА		ВЫШЕ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ			
Содержание	Объем	Тоннаж	Содержание	Объем	Тоннаж	Содержание
Au, г/т	м3	т	г/т	м3	т	г/т
< 0.0	-	-	-	8028	17980	3.833
0.0 to 2.3	4261	9598	1.095	8028	17980	3.833
> 2.3	3767	8382	6.969	3767	8382	6.969
ВЫХОДНАЯ МОДЕЛЬ (ОЧИСТНЫЕ БЛОКИ):						
	Всего	Порода	Руда	Порода/Руда		
Объем (м3)	323	47	275	0.172		

Плотность руды (т/м3)	2.528	2.583	2.518			
Тоннаж (т)	816	122	694	0.176		
Содержание Au,(г/т)	9.476	1.049	10.959			
Металл (кг)	7731	128	7603			
ИНФОРМАЦИЯ ПО ИНТЕРВАЛАМ:						
ВНУТРИ ИНТЕРВАЛА			ВЫШЕ НИЖНЕЙ ГРАНИЦЫ			
Содержание	Объем	Тоннаж	Содержание	Объем	Тоннаж	Содержание
Au, г/т	м3	т	г/т	м3	т	г/т
< 0.0	-	-	-	323	816	9.476
0.0 to 2.3	47	122	1.049	323	816	9.476
> 2.3	275	694	10.959	275	694	10.959

В данном случае мы задали очень жесткие параметры оптимизации, в частности – очень большое минимальное очистное пространство, высокое среднее содержание во входном потоке на фабрику и выборочную (селективную) выемку руды.

По этим критериям может быть добыто только 8% руды и 13% металла.

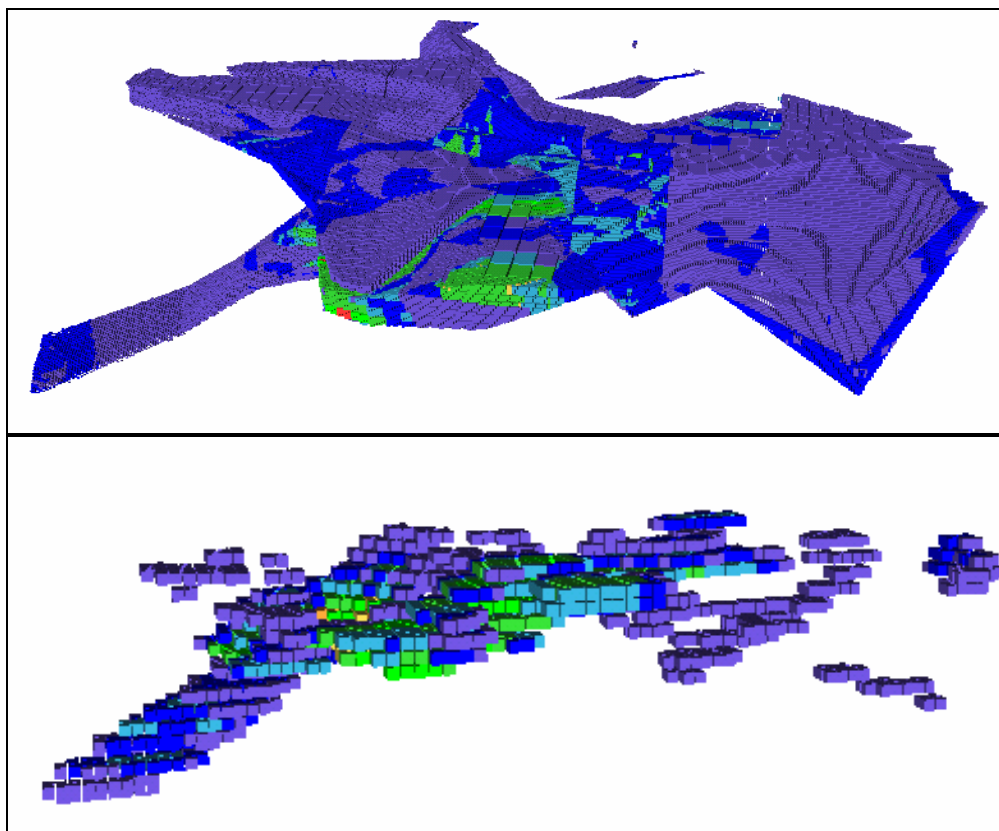


Рисунок 7.26. Вид блочной модели с ячейками и подъячейками до оптимизации (вверху) и после (внизу).

Из рисунка видно, что программа оптимизации, исполняя слишком жесткие начальные условия, выбрала для отработки только небольшое количество блоков. Выходная модель имеет регулярную структуру и состоит только из «родительских» ячеек.

7.7. Финансово - экономическое моделирование при перспективном планировании освоения месторождений

Несмотря на обещание в самом начале, что экономики в книге будет немного, данная стадия планирования не может обойтись без создания финансовых моделей, на которых, кстати, оценивается и чувствительность проекта к изменениям внешних и внутренних исходных параметров

Создание финансовой модели будет рассмотрено на примере одного из совместных золотодобывающих предприятий. Большинство моделей формируется в среде одной из программ электронных таблиц, особенно часто – MS Excel, которая позволяет осуществлять вычисления практически любой сложности, получать графики и иллюстрации для эффективных презентаций. Модели в электронных таблицах хороши тем, что позволяют легко и быстро пересчитывать любые комбинации исходных параметров, получая на выходе итоговые показатели оцениваемого варианта. Обычно для создания модели привлекают опытных финансистов или специализированные организации.

7.7.1. Программа добычи руды

Основой модели является календарный график производства. Оптимизация «календаря» для карьеров рассмотрена выше. Аналогичные расчеты для подземных работ могут быть выполнены соответствующими программами, например Mine 2-4D, краткое описание которой приведено в главе 4. Производительность рудника по руде может быть ориентировочно получена и с помощью «салфеточных», приближенных вычислений (см. раздел 7.2) В указанном разделе финансовой модели должна быть приведена таблица тоннажа всех видов товарной руды (с учетом потерь и разубоживания), которая поставляется из рудника на дальнейшую переработку или складирование по годам работы рудника (табл. 7.8). Кроме того, приводится тоннаж (объем) удаляемой ежегодно вскрыши. Аналогичная таблица создается также и для подземных работ, если они существуют.

Таблица 7.8. Программа добычи руды по карьере

Показатели	Ед. измерения	Годы			Всего
		1	.....	22	
ДО НАЧАЛА ПРОИЗВОДСТВА					
1 Вскрыша	Тыс. т				
ПРОИЗВОДСТВО					
1 Богатая руда на ОФ	Тыс. т				
Содержание	г/т				
2 Руда среднего сод. на склад	Тыс. т				
Содержание	г/т				
Руда среднего сод. со склада на					
3 ОФ	Тыс. т				
Содержание	г/т				
Склад руды ср. сод. в конце					
4 года	Тыс. т				
Содержание	г/т				
5 Бедная руда на склад	Тыс. т				
Содержание	г/т				
6 Всего добыча руды	Тыс. т				
Содержание	г/т				
7 Вскрыша	Тыс. т				
8 Коэффициент вскрыши	т/т				
9 Горная масса	Тыс. т				

7.7.2. Планирование переработки руды

Далее создается таблица с характеристикой перерабатывающего производства (Табл. 7.9). В таблицу иногда включают и расчет валового дохода от продажи металла с учетом затрат на окончательное производство (в данном случае – аффинаж). Особое место в таблице занимают показатели извлечения металла и его цена. Обычно извлечение определяется, как функция содержания металла в руде (рис. 7.27). Тогда в соответствующей ячейке таблицы 7.9. будет помещаться уравнение для расчета этого параметра.

Цена металла на перспективу определяется прогнозированием. Конечно, предполагать, что Ваш прогноз подтвердится, можно лишь с большой оговоркой, но лучше иметь хоть какую-то информацию, чем не иметь ее вообще. Последствия возможных колебаний цены металла учитываются позднее при анализе чувствительности Проекта. На рис. 7.28. приведен пример прогнозирования цены золота методом экстраполяции.

Таблица 7.9. Программа переработки руды и валовый доход компании

Показатели	Ед. измерения	Годы			Всего
		1	.....	22	
ВСЕГО ПОДАЧА РУДЫ НА ОФ					
Руда	тыс.тонн				
Содержание	г/т				
Золото в руде	кг унций				
ВСЕГО ПРОИЗВОДСТВО ЗОЛОТА					
Извлеченный металл	кг унций				
Извлечение	%				
ДОХОД ОТ ПРОДАЖИ ПРОДУКЦИИ					
Цена на золото	US \$/унцию				
Валовый доход	тыс.US\$				
Стоимость аффинажа	тыс.US\$				
Чистый Валовый доход	тыс.US\$				

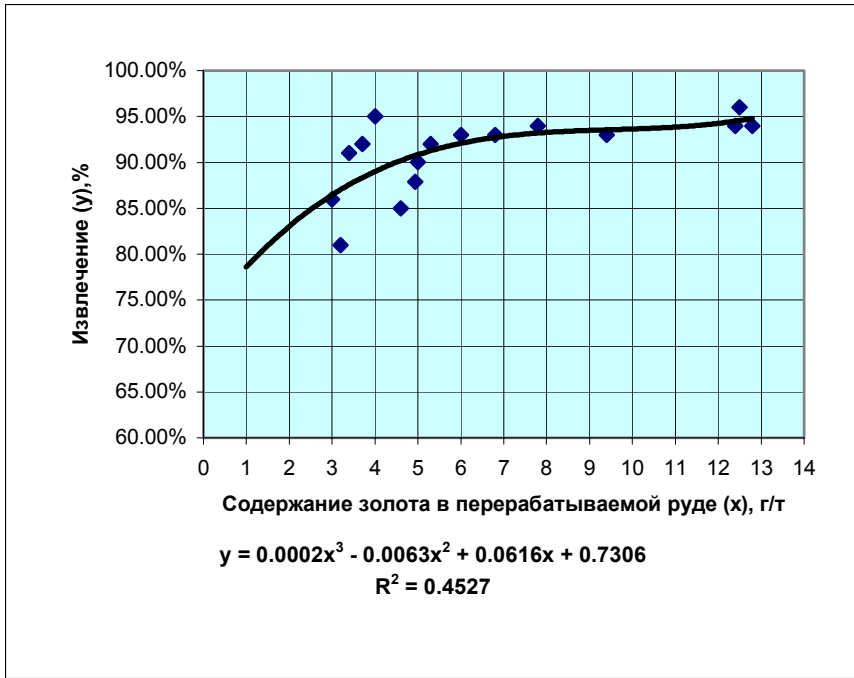


Рис. 7.27. Эмпирическая функция извлечения золота из руды

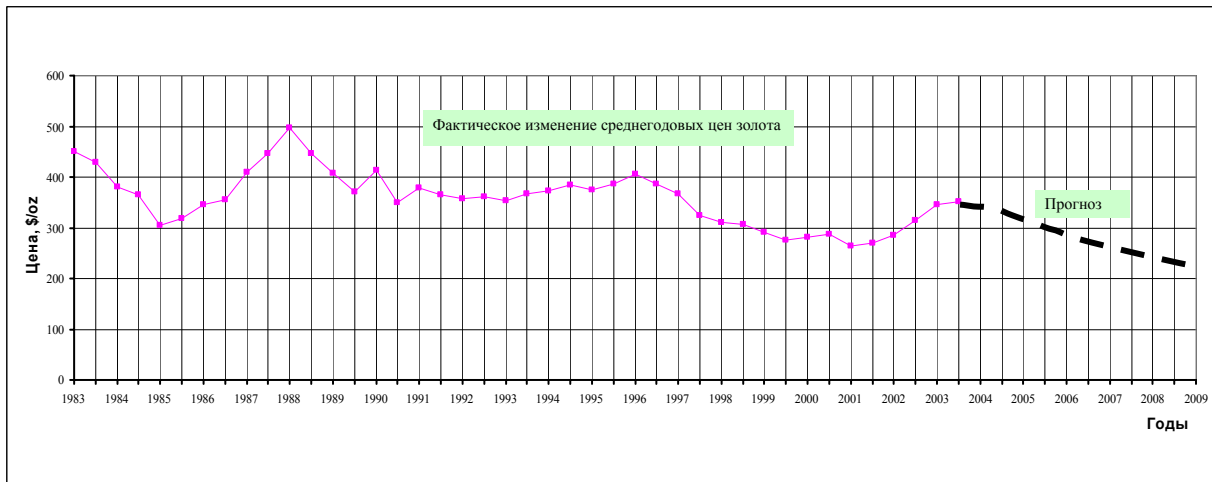


Рис. 7.28. Экстраполяция цены золота для создания финансовой модели.

7.7.3. Оценка капитальных затрат

После определения производительности рудника и обогатительной фабрики производится выбор метода вскрытия, системы разработки месторождения, технологии переработки руды, типа и количества необходимого оборудования

Для этого раздела привлекается вся информация о перечне работ, объектов и оборудования, которые требуют затрат капитала до начала производства или (реже) в процессе производства. В некоторых отраслях существуют нормативы удельных капитальных затрат или отдельных их подразделов, которые несколько облегчают формирование первых предварительных вариантов таблицы (табл. 7.10). В каждой компании бухгалтеры пользуются нормативными документами, инструкциями и т.п., которые указывают, какие затраты должны быть отнесены к капитальным, и как с ними надо обращаться.

Для предварительных расчетов можно использовать аналогичные затраты похожих или родственных предприятий. Но в любом случае определение каждой цифры в таблице 7.10 – это результат достаточно напряженной работы производственников и финансистов.

Статьи затрат, приведенные в таблице, характерны только для рассматриваемого примера. В другом проекте некоторые статьи исчезнут или будут заменены на другие.

Большая часть затрат капитала делается до начала производства. После начала выпуска продукции за счет капзатрат финансируется обычно замена крупного горно-шахтного оборудования, вскрытие новых подземных горизонтов (частично), расширение и реконструкция перерабатывающего производства и т.д. Все остальные расходы компании обычно относятся к производственным затратам и оплачиваются за счет дохода от продажи металла.

Таблица 7.10. Оценка капитальных затрат (КЗ).

Показатели	Ед. изм.	Годы			Всего
		1	..... ....	22	
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ ПО КАРЬЕРУ					
Горно-капит. работы					
Горная масса	тыс. US\$				
Дороги, рудоспуски и штольни	тыс. US\$				
ВСЕГО	тыс. US\$				
Оборудование	тыс. US\$				
Техобслуживание	тыс. US\$				
Прямые КЗ по карьере всего	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ ПО ПОЗЕМНОМУ РУДНИКУ					
Горно-капит. и Подгот. работы	тыс. US\$				
Оборудование	тыс. US\$				
Техобслуживание	тыс. US\$				
Прямые КЗ по Подземному Руднику всего	тыс. US\$				
Прочие кап. затраты	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ КАПЗАТРАТЫ ПО ДОБЫЧЕ ВСЕГО	тыс. US\$				
ФАБРИКА					
Золотоизвлекательная фабрика	тыс. US\$				
Участок по подг. закладки	тыс. US\$				
Дамбы хвостохр.(основн. и предохран.), уч-к обеззараж.	тыс. US\$				
Прочие	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ КАПЗАТРАТЫ ПО ФАБРИКЕ ВСЕГО	тыс. US\$				
ИНФРАСТРУКТУРА					
Инженерные сооруж. и оборудование	тыс. US\$				
Электроснабж./водоснабж./канализация	тыс. US\$				
Жилой посёлок	тыс. US\$				
ИНФРАСТРУКТУРА ВСЕГО	тыс. US\$				
Непредвиденные прямые КЗ	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ВСЕГО	тыс. US\$				
ГЕОЛГОРАЗВЕДКА	тыс. US\$				
КОСВЕННЫЕ КАП. ЗАТРАТЫ					
Проектирование, снабжение, строительство, управление (15%)	тыс. US\$				
Косвенные КЗ на строительство (8%)	тыс. US\$				
Строительное оборудование	тыс. US\$				
ТМЦ и запчасти	тыс. US\$				

Затраты Владельца, вкл. детальное ТЭО	тыс.US\$				
Оплата компенсации прежнему владельцу	тыс.US\$				
Оборотный капитал	тыс.US\$				
Плата за банковское управление	тыс.US\$				
Фрахт (30%)	тыс.US\$				
ВСЕГО	тыс.US\$				
Непредвиденные косвенные КЗ	тыс.US\$				
КОСВЕННЫЕ КАПЗАТРАТЫ, ВСЕГО	тыс.US\$				
КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ ВСЕГО	тыс.US\$				
КЛАССИФИКАЦИЯ КАПИТАЛЬНЫХ ЗАТРАТ					
Легкая техника и проч.	тыс.US\$				
Грузовики, оборуд.и прочее	тыс.US\$				
Электролинии, трубопров.и проч.	тыс.US\$				
Здания	тыс.US\$				
Прочие активы	тыс.US\$				
Геологоразведка	тыс.US\$				
Капитальные затраты без оборотного капитала	тыс.US\$				
Исторические затраты участников СП	тыс.US\$				

7.7.4. Оценка эксплуатационных расходов

Большой труд представляет сбор необходимой информации и детальныи расчет эксплуатационных затрат. На стадии ТЭО это часто делается с использованием аналогов, отраслевых нормативов, инструкций и методических материалов. В США, например, регулярно выходит детальныи справочник фактических эксплуатационных затрат по всем горным предприятиям страны, который является очень полезным источником свежей и необходимой информации. В таблице 7.11 приведены укрупненные сведения о производственных затратах для рассматриваемого примера.

При детальном планировании требуется составление калькуляции на каждый вид затрат с обязательным выделением амортизационных отчислений, которые применяются для расчета налогооблагаемой базы.

Таблица 7.11. Эксплуатационные затраты

Показатели	Ед. измерения	Уд. затраты, \$/т	Годы			Всего
			1	.....	22	
КАРЬЕР						
Добыча руды	тыс.US\$	0.83				
Вскрыша	тыс.US\$	0.83				
Перевозка руды	тыс.US\$	0.32				
Руда со клада	тыс.US\$	0.46				
Всего добыча	тыс.US\$					
ПОДЗЕМНЫЙ РУДНИК						
Добыча руды	тыс.US\$	17.98				
ЗИФ						
Переработка 850тыс.тонн/год	тыс.US\$	7.38				
Переработка 1000 тыс.тонн/год	тыс.US\$	6.99				
ХВОСТЫ И ЗАКЛАДКА						
Содержание хвостохрани.	тыс.US\$	1.41				

Приготовление закладки	тыс.US\$	3.01				
Обеззараживание хвостов	тыс.US\$	1.00				
Общие и Административные затраты						
ОиА (при добыче 850тыс.тн/год)	тыс.US\$	4.08				
ОиА (при добыче 1000тыс.тн/год)	тыс.US\$	3.47				
ОиА (отработка складов руды)	тыс.US\$	1.97				
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ЗАТРАТЫ	тыс.US\$					
ДОХОД (без Экспл.Затр.)	тыс.US\$					
УДЕЛЬНЫЕ ПРОИЗВЕННЫЕ ЗАТРАТЫ	US \$/унцию US \$/т руды					

7.7.5. Налоги и платежи

Расчет налоговых платежей производится обычно в отдельной таблице (табл. 7.12)

Таблица 7.12. Таблица расчета налогов

Показатели	Ед. измерения	Норматив	Годы			Всего
			1	..... ....	22	
НАЛОГИ КРОМЕ НАЛОГА С ПРИБЫЛИ						
Роялти	тыс.US\$					
Дорожный налог	тыс.US\$					
НДС на местные закупки	тыс.US\$					
Таможенные пошлины	тыс.US\$					
Налог на проценты банков	тыс.US\$					
Подходный налог с местных работников	тыс.US\$					
Подходный налог с экспатриантов	тыс.US\$					
Выплаты в Соцфонд	тыс.US\$					
Фонд рекультивации	тыс.US\$					
Итого налог не с прибыли	тыс.US\$					
Амортизация						
Легкая техника и проч.	тыс.US\$	30%				
Грузовики, оборуд.и прочее	тыс.US\$	25%				
Электролинии, трубопров.и проч.	тыс.US\$	10%				
Здания	тыс.US\$	10%				
Прочие активы	тыс.US\$	20%				
Разведка	тыс.US\$	25%				
Итого амортизация	тыс.US\$					
КОРПОРАТИВНЫЙ НАЛОГ С ПРИБЫЛИ						

Прибыль	тыс.US\$				
Перенос убытков	тыс.US\$				
Налогооблагаемая прибыль	тыс.US\$				
Налог с прибыли	тыс.US\$	20%			
ВСЕГО НАЛОГОВ	тыс.US\$				

Существуют многочисленные и подробные инструкции по расчету всех налогов, которые в данной местности обязана платить горная компания. Рано или поздно налоговые органы заставят изучить эти порядки и правильно рассчитывать величину налогов. Каждая ячейка таблицы связана с другими таблицами модели и, как правило, содержит формулы и логические выражения, позволяющие моментально пересчитывать результат при изменении любого из исходных параметров.

Заметьте, что сумма амортизационных отчислений при расчете налога с прибыли учитывается в себестоимости продукции.

7.7.6. Финансовая структура проекта

В таблице 7.13 приведена примерная схема финансирования горного проекта. Она учитывает начальные затраты капитала, привлечение заемных средств, начальные потоки наличности и некоторые другие расходы.

Таблица 7.13. Схема финансирования проекта

ФИНАНСОВАЯ СТРУКТУРА ПРОЕКТА	Тыс.\$	%	Тыс.\$	%
Необходимый начальный капитал				
Добыча			9447.00	7.93%
Фабрика			29523.00	24.78%
Инфраструктура			19422.00	16.30%
Непрямые затраты			28613.06	24.01%
Разведка			0.00	0.00%
Валовый доход			0.00	0.00%
Экспл. затраты			0.00	0.00%
Оборотный капитал			3256.41	2.73%
Плата за управление партнер 1			3045.18	2.56%
Плата за управление партнер 2			1305.08	1.10%
Налоги			15441.70	12.96%
Банк. процент в период стр-ва			6532.97	5.48%
Процент партнера 1 в период стр-ва			2561.08	2.15%
Начальный капитал всего			119147.48	100.00%
Наличность:				
Валовый доход	0.00			
Экспл. затраты	0.00			
Плата за управление партнер 1	1923.90			
Плата за управление партнер 2	824.53			
Всего кап. затрат	54968.71			
Оборотный капитал	3256.41			
Налоги	9871.70			
Чистый банковский займ	34696.57			
Чист. первая ссуда партнера 1	6018.35			
Чист. вторая ссуда партнера 1	30130.33			
Финансирование:				

Долг (Банковский Займ)			61451.07	
Активы:				
Первая Ссуда Норокс	25005.00	20.99%		
Вторая Ссуда Норокс	32691.41	27.44%		
Активы всего			57696.41	
Всего финансирования без наличности			119147.5	

Понятно, что любой другой проект будет иметь собственную специфику и статьи расходов. В этом же разделе решается вопрос о сроках и темпе возврата заемных средств.

7.7.7. Формирование потока наличности

Теперь, когда все исходные данные сформированы в отдельные таблицы (или части одной таблицы), рассчитываются ежегодные основные экономические показатели проекта:

- Поток наличности
- NPV (Чистая сегодняшняя стоимость)
- IRR (Внутренняя норма прибыли)

Основным методом анализа ценности проекта является анализ дисконтированных чистых потоков реальных денег или наличности (DCF). Этот метод считается стандартным при финансовой оценке проектов в условиях рыночной экономики. Он позволяет свести все имеющиеся количественные параметры горнорудного проекта воедино к одному численному показателю (NPV), который и является мерой ценности инвестиционного предложения.

Поток реальных денег означает финансовый итог деятельности предприятия за определенный период времени: разность между суммой поступлений и суммой расходов капитала.

Поток реальных денег рассчитывается как алгебраическая сумма соответствующих каждому году доходов и расходов, выплат и отчислений с учетом оборотных средств, суммируемых в первый и последний год осуществления проекта, за вычетом амортизационных отчислений.

Потоки реальных денег (Cash Flow) представляют собой или поступления наличности (притоки реальных денег), или платежи (оттоки реальных денег). Поэтому прежде чем приступить к анализу, необходимо составить детальный расчет предполагаемых (прогнозируемых) доходов и расходов по проекту и рассчитать чистые потоки реальных денег по годам как разницу между всеми доходами и расходами, отвечающими каждому году осуществления проекта. Чистые потоки реальных денег могут принимать отрицательные значения в годы, предшествующие началу производства, когда компания несет затраты на приобретение прав на месторождение, его разведку, закупку и монтаж оборудования и строительство рудника, зданий и сооружений и т.д. В последующий период, после начала производства чистые потоки реальных денег принимают положительные значения, изменяющиеся в зависимости от цен на готовую продукцию предприятия, содержания полезных компонентов в добытой руде, величины извлечения полезных компонентов при обогащении, а также эксплуатационных затрат. Затраты на консервацию рудника вновь могут привести к получению отрицательного чистого потока реальных денег в течение одного или нескольких лет после прекращения производства.

Чистый поток реальных денег получается вычитанием собственных затраченных средств (инвестиций) из прибыли после уплаты налогов. Он представляет собой денежные суммы, на которые увеличивается счет компании в последовательные годы работы рудника.

Чтобы выяснить действительную ценность проекта, чистые годовые потоки реальных денег должны быть дисконтированы, т.е. должны быть определены их дисконтированные стоимости при определенной ставке дисконта. Как правило, такие расчеты выполняются для нескольких значений ставки дисконта компании.

Чистая дисконтированная стоимость проекта (net present value - NPV) - это сумма дисконтированных годовых чистых потоков реальных денег (NCF) за все годы его осуществления. Проект имеет положительную чистую дисконтированную стоимость, если дисконтированная стоимость его входящих потоков превосходит дисконтированную стоимость исходящих.

$$NPV = \sum_{t=1}^n NCF_t (1+r)^{-t} \quad (7.3)$$

Где: NPV - чистая текущая стоимость потоков реальных денег (чистой прибыли), получаемых в результате осуществления проекта;

NCF_t - чистый поток реальных денег (чистая прибыль) в год t; t - порядковый номер года;

r - ставка дисконта;

n - срок осуществления проекта (иными словами, количество лет, в течение которых поступают чистые потоки реальных денег, принимающие либо положительные, либо отрицательные значения).

Период окупаемости (payback period, PB) - это время от начала инвестирования до момента, когда кумулятивный чистый поток реальных денег (накопленная чистая прибыль) сравнивается с первоначальными затратами (инвестициями) по проекту. Иными словами, это время реализации проекта до того момента, пока не будут возвращены первоначальные капиталовложения.

В виде формулы показатель PB – это период времени, за который отдача на капитал достигает суммы инвестиций, иначе говоря, это такое k, при котором

$$\sum_{t=1}^k CF / (1+r)^t = 0 \quad (7.4)$$

В целом проекты с более короткими периодами окупаемости предпочтительнее. Некоторые компании, рассматривая разные проекты, часто устанавливают для себя предельный срок окупаемости капитальных вложений, превышение которого в некотором проекте сразу же делает этот проект неприемлемым. Например, если компания устанавливает для себя в качестве критерия оценки проектов срок окупаемости не более четырех лет, а в рассматриваемом проекте кумулятивный приток реальных денег (кумулятивная чистая прибыль) сравнивается с инвестициями только через пять лет, такой проект будет отвергнут несмотря на значения NPV и IRR.

В простейшем варианте срок окупаемости капитальных вложений не учитывает фактор времени. В более сложном, но и более обоснованном с финансовой точки зрения варианте под сроком окупаемости понимается период времени, в течение которого сумма чистых прибылей, дисконтированных на момент завершения инвестиций (и начала производства), равна сумме инвестиций.

При использовании этого метода требуется сначала привести все денежные суммы (и инвестиции, и будущие чистые прибыли) к моменту завершения инвестиций, т.е. дисконтировать их, а уже потом определять срок окупаемости проекта. Это уточненное значение, очевидно, окажется больше первоначального, полученного упрощенным способом.

При определении чистой дисконтированной стоимости проекта оценку потоков денежных средств приводят к текущему периоду с помощью ставки дисконта. Существует строгая формульная зависимость NPV от выбранной ставки дисконта. Можно подобрать такую ставку, при которой станут равными дисконтированная стоимость потоков денежных средств проекта и дисконтированная оценка затрат, необходимых для осуществления инвестиций.

Внутрифирменная норма прибыли (internal rate of return - IRR) - это такая ставка дисконта, при которой сумма дисконтированных стоимостей будущих прибылей от осуществления проекта равна дисконтированному значению инвестиционных затрат на проект. Иными словами, IRR обеспечивает получение нулевой NPV проекта. При этом дисконтированные стоимости положительных потоков реальных денег (прибылей) и дисконтированные стоимости отрицательных потоков (инвестиций) должны сравняться по абсолютной величине, таким образом, IRR может быть определена из следующего уравнения:

$$\sum_{t=1}^n CI_t (1+r)^{-t} = \sum_{t=1}^n CO_t (1+r)^{-t} \quad (7.5)$$

Где: CI_t и CO_t - соответственно положительные (прибыли) и отрицательные (инвестиции) потоки реальных денег.

Также возможно рассчитать IRR по эмпирической формуле, приведенной ниже.

$$IRR = r_1 + (r_2 - r_1) \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \quad (7.6)$$

При оценке проектов достаточно иногда рассчитывается еще и индекс рентабельности (profitability index - PI, discounted benefit/cost ratio), который представляет собой отношение суммы всех дисконтированных чистых притоков реальных денег от проекта к абсолютной величине суммы всех дисконтированных инвестиционных расходов.

Считается, что, если индекс рентабельности проекта меньше 1, то проект должен быть отклонен, а среди проектов с положительным индексом рентабельности предпочтение следует отдавать тому, у которого этот индекс больше. Однако надо иметь в виду, что не всегда проект с более высоким индексом рентабельности обеспечивает и более высокую чистую дисконтированную стоимость проекта (NPV). Таким образом, индекс рентабельности не является однозначным критерием эффективности проекта.

Для целей сравнения различных проектов иногда используется коэффициент дисконтированной стоимости (present value ratio - PVR), представляющий собой отношение NPV к абсолютной величине NPV первоначальных негативных потоков реальных денег. В сущности, это «норма прибыли», показывающая, сколько долларов чистой прибыли будет получено на один доллар инвестиций (все расчеты в дисконтированных стоимостях). PVR будет иметь тот же знак, что и NPV, и чем больше PVR, тем жизнеспособнее проект.

Итоговая таблица (табл. 7.14) модели обычно включает расчет NPV для разных вариантов нормы дисконтирования. Напомним, что IRR является нормативом дисконтирования при $NPV = 0$. В итоговой таблице обычно повторяются все основные затраты и доходы, формирующие ежегодные потоки наличности, кумулятивный поток, а также итоговая колонка, содержащая значения NPV и IRR.

Таблица 7.14. Расчет потоков наличности и итоговых показателей проекта

Показатели	Ед. измерения	Годы			Всего
		1	.....	22	
Валовый доход	тыс. US\$				
Затраты на аффилаж	тыс. US\$				
Чистый доход	тыс. US\$				
Эксплуатационные затраты	тыс. US\$				
Чистый операционный поток наличности по руднику	тыс. US\$				
Комиссион. за управлен.-партн.2 (1.5%)	тыс. US\$				
Комиссион. за управлен.-партн.1 (3.5%)	тыс. US\$				
Роялти	тыс. US\$				
Налог на прибыль	тыс. US\$				
НДС к оплате	тыс. US\$				
Кап. затраты во время производства	тыс. US\$				
Восстанов. оборотного капитала	тыс. US\$				
Чистый поток наличности	тыс. US\$				
Кумулятивный поток наличности	тыс. US\$				
Обслуживание банковских кредитов					
Погашение акционерной ссуды	тыс. US\$				

Чистый поток наличности для распределения	тыс.US\$				
Кумулятивный поток наличности	тыс.US\$				
NPV проекта (Норма диск-я = 5%)	тыс.US\$				
NPV проекта (Норма диск-я = 10%)	тыс.US\$				
NPV проекта (Норма диск-я = 15%)	тыс.US\$				
IRR	%				

7.7.8. Анализ чувствительности проекта к изменению внешних и внутренних параметров.

Финансово-экономическая оценка горнорудных проектов базируется на некоторых показателях, часть которых может неожиданно измениться, тогда, как другая часть вообще не может быть определена точно. Процедура, исследующая влияние таких изменений или ошибок в определении численных исходных данных на важнейшие показатели проекта, получила название анализа устойчивости проекта. Он вкратце сводится к следующему:

- в качестве переменной выбирается один из численных показателей, все остальные считаются постоянными и имеют некоторые заданные значения (проектные);
- выбирается разумный диапазон возможных колебаний изменений;
- для крайних значений этого диапазона и для проектируемого значения переменной рассчитываются все важнейшие показатели оценки проекта (например, IRR и NPV) и таким образом определяется влияние на них выбранной переменной.

Лучевые диаграммы устойчивости проекта показывают, как изменяются одни (зависимые), параметры, скажем показатель NPV, финансово-экономической оценки при изменении одного из независимых показателей проекта (доход, производственные расходы, капитальные затраты).

При построении таких графиков по обеим осям откладываются коэффициенты вариации зависимого (вертикальная ось) и независимого (горизонтальная ось) параметров. Но иногда по осям координат на подобных диаграммах откладываются реальные значения параметров, выраженные, например, в миллионах долларов. Иногда же по осям откладываются коэффициенты вариации одного параметра и абсолютные значения другого.

Каждый график обязательно проходит через точку в начале координат, которая отвечает основному варианту, (все показатели принимают проектируемые значения). Угол наклона графика является мерой зависимости между показателями.

При анализе устойчивости проекта этим методом мы изменяем значения одной переменной, считая все остальные неизменными. Это нереалистичный подход, так как одновременно могут изменяться и другие независимые переменные, а совокупный эффект изменения нескольких переменных точно оценить этим методом нельзя. Вторым недостатком этого метода является то, что он подразумевает существование линейной связи между показателями финансово-экономической оценки и его исходными параметрами, тогда как существующая между ними зависимость более сложная. Поэтому описанный метод оценки устойчивости проекта часто дополняется построениями т.н. «дерева вероятностей».

В основу этого метода положен тот факт, что, если некоторый результат является следствием n независимых событий, то условная вероятность этого результата равна произведению вероятностей этих событий. При этом постулируется, что:

1. результат определяется n факторами;
2. все факторы являются независимыми;
3. каждый фактор может принимать m взаимоисключающих значений;
4. вероятность появления каждого из значений равна P_{ni} ;
5. вероятность появления любой из комбинаций значений n факторов (P) определяется как произведение вероятностей появления этих значений факторов.

По определению, риск инвестиционного проекта заключается в возможных отклонениях потоков реальных денег, генерируемых проектом, от ожидаемых их величин. Эти отклонения неизбежно должны привести к тому, что все основные показатели эффективности инвестиций (IRR,

NPV и др.) реально окажутся иными, чем планировалось, т.е. тоже отклонятся от планировавшихся значений. Величина этих отклонений может служить мерой риска.

Как было сказано выше, метод чувствительности и метод «дерево вероятностей» не рассматривают основные источники риска проектов разработки месторождений полезных ископаемых, связанные с такими фундаментальными их показателями, как геологические характеристики рудных тел, размеры инвестиций, цены на готовую продукцию, доходы предприятия и эксплуатационные расходы. Эти недостатки частично устраняются в методе анализа риска по трем вариантам.

После формирования всех основных и вспомогательных взаимосвязанных таблиц (создания финансовой модели проекта) необходимо выяснить, как проект реагирует на изменение внутренних (зависимых) и внешних (независимых) исходных параметров и показателей.

Для этого требуется прежде всего составить перечень таких наиболее важных показателей, поочередно заменять их (отдельно или в совокупности друг с другом) и наблюдать, как будут меняться итоговые параметры проекта.

Для примера, в таблице 7.15. приведены исследуемые факторы риска рассматриваемого выше проекта и результаты расчета IRR при указанных изменениях. Отметим, что наиболее сильное влияние оказывают изменения цены на золото и среднего содержания металла в добываемой руде.

Таблица 7.15. Модель чувствительности проекта

Параметры	Абсолютные величины		
	Лучший в-т	Базовый в-т	Худший в-т
Фактор риска			
Цена на золото (\$/унц.)	324	270	230
Содержание за весь период эксплуатации(гр/тн Au)	7.05	6.41	5.45
Извлечение золота на ЗИФ (%)	94.0	91.04	88.0
Пред-эксплуатационные Кап. Затраты (млн.\$)	81.23	90.26	112.83
Экспл.затраты на добычу бедной руды (\$/тн руды)	18.50	20.56	24.7
Итого налогов (% от Валового Дохода)	8.00	11.41	15.00
НДС- %от импорта (вкл. Или не вкл.)	0.00	0.00	26.61
	IRR,%		
Результаты	Лучший в-т	Базовый в-т	Худший в-т
Цена на Золото (\$/oz)	32.73	22.89	14.25
Содержание за весь период эксплуатации(гр/тн Au)	28.33	22.89	13.75
Извлечение золота на ЗИФ (%)	24.60	22.89	18.31
Пред-эксплуатационные Кап. Затраты (млн.\$)	25.24	22.89	18.10
Экспл.затраты на добычу бедной руды (\$/тн руды)	25.17	22.89	18.10
Итого налогов (% от Валового Дохода)	20.82	19.86	18.78
НДС- %от импорта (вкл. Или не вкл.)	19.86	19.86	17.60

На рис. 7.29 показаны изменения IRR при изменениях рассмотренных выше факторов риска.

Заключительной стадией финансово-экономического моделирования является анализ полученных результатов, подготовка табличных и графических материалов для презентации и создание отчета руководству компании, которое будет принимать решение о целесообразности инвестиций в данный проект.

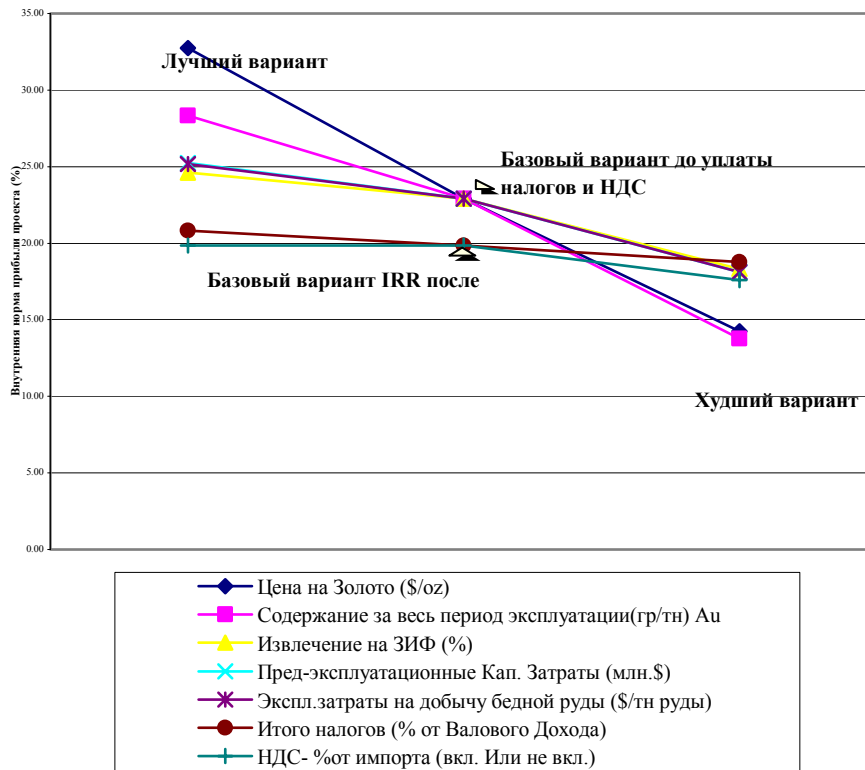


Рис. 7.29. Влияние факторов риска на изменение внутренней нормы прибыли проекта

7.8. Заключение

Таким образом, мы рассмотрели практически все этапы создания перспективного плана отработки месторождения:

- оптимизация конечных контуров карьера и границ перехода на подземные работы при комбинированной отработке месторождения
- разделение жизни карьера на этапы
- оптимизация размещения очистных блоков при подземной отработке месторождений
- оптимизация последовательности отработки запасов месторождения
- оптимизация бортового содержания металла в руде
- оптимизация календарного плана отработки месторождения
- создание финансовой модели проекта и оценка риска

Было отмечено, что указанные этапы плановых расчетов повторяются, время от времени, с появлением признаков изменения параметров месторождения и окружающей среды (цен, налоговой политики, экологических требований и т.д.). Большинство этих расчетов выполняются с использованием современных информационных технологий и интегрированных компьютерных систем.

Литература

4. Hustrulid W. Kuchta M. 1995. Open Pit Mine Planning & Design. A.A.Balkema. Rotterdam

5. Т. Роджерс, Ф. Шлессер, И. К. Чунуев, Планирование горных работ на руднике Кумтор, Горный журнал. № , 19
6. Chris Wharton. Add value to your mine through improved long term scheduling, Whittle Technology, 2000.

8. ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ГОРНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ

8.1. Введение

В этом, очень важном разделе приводятся выдержки из монографии австралийского исследователя и бизнесмена Яна Рунге «Горная экономика и стратегия» [1], которая широко используется в горном планировании на Западе. Становится все более очевидным, что специалист, занимающийся горным планированием, должен понимать экономические последствия своих решений, которые предлагаются на рассмотрение высшему руководству компании, принимающему ответственные решения.

Не отступая от своего утверждения (см. основное Введение), что эта книга предназначена главным образом для горных инженеров - планировщиков, возможно близко не знакомых с тонкостями экономики, автор, тем не менее, не оставляет надежды, что эта глава найдет своего читателя, который узнает из нее много полезного. Экономические аспекты здесь по возможности упрощены, но все же дают представление о последствиях выполнения компанией хороших и плохих горных планов. Не будет ничего плохого также и в том, что горный инженер, занимающийся чисто техническими аспектами горного планирования, просто пропустит эту главу.

Экономика ресурсных отраслей уникальна. Все горное производство связано с неопределенностью, не применимой к другим отраслям промышленности. Каждый рудник также уникален. Экономика горной промышленности трудна по сопоставимости количественных параметров и категорий. Информация является очень дорогостоящей. В развитом мире разумность вложения капитала в горную промышленность все больше подвергается сомнению. Трудность в получении прибыли связана здесь с политической нестабильностью и экологическими ограничениями, а также с неопределенностью, созданной самой природой.

Однако, несмотря на этот фон, фактическое горное производство во многих развитых странах *увеличилось*. Капиталы продолжают инвестироваться, хотя цены и доходность снижаются. Многие из факторов, которые ведут к прибыли или потерям здесь не распознаются, если используются обычные инструменты анализа.

Низкая доходность может быть обычной для многих компаний горной промышленности, но это не обязательно. В некоторых случаях, обнаружение богатого рудного тела, квалифицированная геологоразведка или случай были ключом к успеху. Есть много примеров богатых жил, которые не дают большого дохода, и много посредственных месторождений, превращающихся в успешные долгоживущие предприятия. В некоторых случаях, способность компаний подождать рынок заканчивалась прибылью, выше ожидаемой. Но чаще неожиданный рыночный спад заканчивался потерями, несмотря на эффективность действий горной компании. Но даже в таком окружении, некоторые рудники и шахты нашли возможность получения значительной прибыли. Принятие правильных управленческих решений и другие факторы, кроме оценки рынка и параметров залежи, вероятно, имеют намного большее влияние на доходность промышленности чем, было признано до сих пор.

Ценовая непредсказуемость и характеристики рудных тел во многих случаях неуместно используются, как оправдания плохой работы. Даже там, где эти непредсказуемые элементы реальны, часто упускаются возможности горного проекта (плана), который менее чувствителен к таким изменениям.

Два десятилетия назад, технические навыки были первичным компонентом для эффективного управления горной компанией. С интернационализацией мировой промышленности, ситуация изменилась. Технического опыта больше не достаточно. Основная идея заключается в том, что *каждое техническое решение должно рассматриваться и управляться в зависимости от его экономических последствий*. Критерий, на который нацелено предприятие в целом (а именно, доходы акционеров), должен быть тем же самым при оценке среднесрочных и краткосрочных (текущих) решений (планов). Чем больше взаимосвязи между критериями, применяемыми персоналом, принимающим решения, тем более вероятно, что цель компании будет достигнута.

Можно смотреть на добывающую экономику через две линзы. Первая, родственная традиционному экономическому исследованию, рассматривает экономическую окружающую среду как нейтральную. Это представление является наиболее подходящим для управленческих решений в горном деле. В таком

окружении многие экономические элементы находятся вне контроля лица, принимающего решения. Капитал уже вложен. Отпускная цена продукции и много других факторов приняты, как исходные данные. Много альтернатив исключено из-за недостатка времени для их осуществления.

Вторая линза сосредотачивается на более широком диапазоне проблем. Она распознает, выполняет ли рудник свои задачи, или невыполнение является следствием некоторой технической причины, хотя надо предположить несколько технических причин для более правильного диагноза. Признается, что решения не принимаются в вакууме; они подвержены воздействию изменений в мире в целом, над которыми автор решения имеет небольшой контроль. Развитие новых горных проектов, оправданное при повышающейся цене на металл приведет к драматично малой прибыли, если ценовая тенденция изменится. Если тенденция была концептуально предсказуема, то стратегическое решение, которое пропустило такую возможность - первичный источник последующего провала. Многие из этих стратегических решений считаются незначительными в то время, когда они делаются.

Хотя в принципе могут быть определены границы между первым и вторым стилями экономического анализа, но в действительности это различие не слишком бросается в глаза. Большинство элементов, которые ведут к успеху со стратегической точки зрения, нельзя отличить от обычного ежедневного принятия экономического решения. Если горные операторы не знают о стратегических целях компании, то проблема решена только частично.

Большинство подходов к экономике предполагает, что независимо от действий одного человека или компании, рынок в целом будет неизменен. Дополнительная тонна произведенного угля не будет изменять мировую цену угля. Это - традиционный подход и - обычное нестратегическое предположение. Стратегическое представление (см. главу ___) несколько отлично. Оно признает, что результат для каждого участника рынка зависит от стратегии всех других участников. Дополнительная тонна, которую делает один рудник, не будет затрагивать мировую цену, но если изменяются экономические силы, которые позволяют этому руднику производить дополнительную тонну, эти силы также действуют и на его конкурентов, и тогда конкуренты, конечно, также увеличат выпуск продукции. В итоге мировая цена изменится.

В идеальном мире, экономическая оценка приводит к одинаковому результату независимо от того, кто ее предпринимает или принимает решение. Однако в реальном мире любая оценка базируется на входах, которые являются весьма сомнительными и целях, которые обычно плохо формализованы. Эта неопределенность может иметь большее влияние на принятие решения, чем любой аналитически полученный результат. Затраты на снижение неопределенности решения (например, стоимость дополнительного бурения) могут сделать проект неэкономичным.

8.2. Объединение экономики с горным делом

Даже относительно маленькие рудники – это сложные системы, и только небольшое количество решений из всестороннего экономического анализа гарантирует подходящее время или стоимость будущего производства. Более того, большинство решений не требует такого анализа. Инструменты для выбора экономических вариантов в любом сложном бизнесе включают полный спектр от простых правил большого пальца до всесторонних финансовых моделей.

8.2.1. Процесс горного планирования

В целом задача планирования и управления производством состоит, по крайней мере, из трех компонентов:

- технических компонентов
- узко сфокусированных экономических компонентов
- более широко используемых экономических компонентов, включая финансовые и деловые

элементы, которые влияют на работу горной промышленности в целом

Технические компоненты включают расположение рудника, производительность оборудования, альтернативные графики производства, и требования к горному производству. Эти последние требования включают, например, годовой расход взрывчатых материалов, количество персонала, и расход топлива на машино/час. Обычно эта работа сосредотачивается только на технических критериях. Этот компонент горных планов будет неизменен, экономичен ли сам проект или нет. Технический компонент определяет все важные элементы в смысле осуществимости проекта. Некоторые из этих элементов могут быть экономически важны, а некоторые - весьма незначительно влияют на экономику. Например, две полностью различные системы разработки могут иметь очень похожие технологии и капитальные затраты.

Узко сфокусированный экономический компонент применяет производственные и капитальные затраты к техническим графикам производства. Он анализирует альтернативные графики и альтернативное оборудование в экономических терминах, например, цена за тонну руды. Он также создает и исследует затраты на единицу продукции (времени), типа стоимости литра топлива, стоимости расходуемого топлива в год и средней зарплаты персонала на человека в год. Цель этой стадии работы состоит в том, чтобы выполнить сравнение вариантов в экономических терминах.

Часто эти узкие экономические оценки касаются только некоторого компонента оцениваемого проекта, например, даже если рудник целиком неэкономичен, экономический анализ самого дешевого способа транспортирования вскрыши может все-таки предприниматься. Чаще всего, оценка горного проекта ограничивается технической работой совместно с этой узко направленной экономической стадией.

Более широкий экономический, финансовый, и деловой компонент планирования стремится оценить степень жизнеспособности плана, и то, насколько план соответствует более широкому корпоративному контексту. Жизнеспособность проекта – это функция учета всех других проектов компании, а также стратегии других компаний (поставщиков, клиентов и конкурентов). Эта стадия оценки также исследует относительный риск, связанный с инвестиционными решениями и чувствительностью плана к факторам, находящимся вне контроля. Этим способом прогнозируются вероятные трудности в выполнении плана и стратегия компании в данных условиях. С точки зрения деловой перспективы, этот расширенный экономический анализ дает большой эффект, начиная с оценки рынка и последующего прогнозирования стабильности корпоративной структуры, что дает возможность оценить способность управления компании сделать план достижимым.

Горная промышленность - дорогостоящая деятельность, достижение рентабельности которой требует этих экономических исследований. Оценка проекта - также дорогая деятельность, которая требует собственного экономического анализа. Расход 500 000 \$ на геологоразведку может привести к такому же увеличению дохода акционеров, как расход этих же 500 000 \$ на дополнительные металлургические испытания. Задача горного планировщика состоит в создании такого плана, который максимизирует доход акционера. Один из компонентов в этом процессе – текущие производственные затраты и их экономия, что является непосредственно задачей планирования. Горная экономика также заинтересована в оптимальной пропорции используемых ресурсов, и куда эти ресурсы должны быть направлены.

Оценка затрат и экономическая оценка - неотъемлемые части процесса планирования. Горное планирование - повторяющийся процесс, в котором экономические параметры, их точность и уровень надежности изменяются с каждым последовательным повторением. Оценочная деятельность сама имеет стоимость. Выполнение экономических оценок требует, чтобы альтернативы, которые, вряд ли будут использованы в будущем, были бы устранены на самых ранних стадиях этой работы. Расходы, которые впоследствии не дадут никакой отдачи, должны быть минимизированы, а высвобожденные ресурсы использованы более эффективно.

8.2.2. Оправдание расходов на геологоразведку

Предположим, начинается оценка потенциального горного проекта. Как минимум, при этом производятся расчеты того, сколько руды находится в недрах, перопорция балансовой руды, а также – предварительные расчеты затрат для извлечения этих запасов. Даже при самом простом понимании этих процедур возможно в самом начале устранить много альтернатив формулировкой минимальных руководящих принципов и параметров. Расходы на геологоразведку будут оправданы, если отработка месторождения (или потенциального месторождения) принесет как можно больше прибыли на израсходованный доллар.

Начальная отправная точка для геологоразведки – предполагаемое рудное тело. Прежде чем сделать какие-то существенные расходы нужно задать себе следующий вопрос: «Если эта разведка будет успешной то, что будет являться лучшим месторождением, которое можно здесь ожидать?» Гипотетическое месторождение может быть описано в терминах тоннажа руды, содержания компонентов, глубины, и местоположения.

Для этого гипотетического месторождения следует провести первичный экономический анализ. Конечно, учитывая недостаток данных, он может занять только несколько часов работы. Но при этом, уже возможно получить ценные сведения. Ясно что, если оценка этого лучшего гипотетического месторождения не покажет жизнеспособности, то меньшие месторождения также не будут экономичны. Анализ гипотетического золотого месторождения, например, мог бы подсказать, что руда с содержанием 3 г/т на глубине 100 м имеет ту же самую экономическую ценность как руда с содержанием 5 г/т на глубине 200 м. Знание только этого - ценная директива для разведки. Много компаний израсходовали миллионы

долларов на геологоразведку, и только при последующем анализе понимали, что проект не жизнеспособен.

Если получить идеальное рудное тело не удастся, то разведка может все еще предприниматься, но становится уже ясно, что необходимо некоторое альтернативное оправдание этой разведки. Такая ранняя экономическая оценка предназначена для того, чтобы возможно раньше сосредоточить внимание на первичной цели – создании прибыльного горного предприятия.

Продолжение разведки вокруг некоторых известных рудных тел подчинено двум целям:

- обнаружение дополнительных запасов и
- лучшее понимание существующих запасов, чтобы гарантировать большую надежность проекта.

Увеличенные запасы обычно непосредственно создают дополнительную ценность проекта. К сожалению, запасы, которые лучше изучены, имеют цену не обязательно большую, чем запасы, которые изучены в меньшей степени.

Таким образом, оправдание продолжения геологического исследования месторождения - сложная задача. Больше запасов обычно означает более высокие потенциальные мощности производства, что ведет к большим размерам оборудования и распространению затрат на большой объем продукции. Обычно эти доходы легко определить количественно, и это направление разведки реально оправдано, но продолжающиеся работы, нацеленные на повышение надежности в оценке запасов и их категории разведанности, приводит только к снижению риска. Доходы, связанные с риском, значительно тяжелее для количественной оценки. Для получения наиболее эффективных результатов запасы должны быть разведаны как можно ближе ко времени их отработки, т.к. осуществление этой работы заранее, уменьшит прибыль компании.

Ниже приведен простой пример, показывающий важность таких расчетов в планировании.

Предположим, что затраты на разведку дополнительного блока руды - \$5.00/т при следующих экономических параметрах:

- | | |
|--|-----------|
| • затраты на добычу и переработку руды без геологоразведки | \$30.00/т |
| • средние затраты на разведку | \$5.00/т |
| • средний доход предприятия | \$40.00/т |
| • прибыль | \$5.00/т |

Если компании необходима 15%-ная рентабельность (возврат) инвестиций, то, как долго компания может позволить себе такую практику?

Ответ:

Расход \$5.00/т, чтобы разведать дополнительные запасы, которые не будут добываться до следующего года, нужно рассматривать, как и любые другие инвестиции, которые приводят к получению прибыли в будущем.

В случае, если запасы могли бы быть разведаны и отработаны в том же году, то расходы на разведку рассматривались бы как прямые операционные расходы, и каждая прибавленная тонна руды давала бы прибыль 5.00 \$. Если для горного планирования мы должны разведать запасы за 1 год до их отработки, то стоимость таких работ была бы снова \$5.00/т, но если бы эти деньги инвестировались в другом месте (в банке) в течение года, это возвратило бы нам $5.75 \$ (5.00 \$ * 1.15)$ - так что решение оконтурить запасы заранее должно объяснить эту потерянную возможность заработать 0.75 \$/т. Эффективная "прибыль" в этом случае уменьшается до \$4.25/т.

Если запасы оконтуриваются за 5 лет до начала горных работ, то расходы на них (5.00 \$/т), приведенные к началу эксплуатации, составят $10.05 \$ (5.00 \$ * 1.15^5)$, что означает потерянную возможность сделать 5.05 \$/т прибыли, инвестируя эти средства в другом месте. Таким образом, разведка запасов на 5 лет раньше, когда доход от них будет получен в более позднее время, уменьшает эффективную прибыль до нуля.

В рассмотренном примере эксплуатационные расходы были приняты независимыми от запасов, и оконтуривание запасов было ограничено существующей ценностью будущих доходов. Приведенное выше решение - только частичный ответ на проблему, и не строго правильный ответ, так как он подразумевает, что запасы должны быть оконтурены до получения дохода. Это - не обязательный случай. Если затраты на тонну уменьшаются при возрастании запасов (а это - нормальный случай), то дополнительные затраты на строительство карьерных въездных траншей и дорог для больших самосвалов приводят к тому, что оптимальные запасы, определенные в терминах количества лет производства, возможно, будут независимы от доходности.

Этот простой пример и более сложные примеры далее объясняют, почему мир имеет запасы глинозема, превышающие 200-летнюю текущую производительность производства, тогда как запасы серебра соответствуют приблизительно 20 годам работы. Это не указывает на то, что мир собирается

прекращать использование серебра или что производство серебра является менее экономичным; это означает только, что неэкономно разведывать запасы теперь, когда нет никакой причины, чтобы эксплуатировать их в ближайшем будущем. Действительно, некоторые из самых больших в мире рудников драгоценных металлов в течение 50 или больше лет редко имели больше чем на 5 лет доказанных (proven) запасов.

Во многих отраслях горной промышленности, стоимость разведки запасов настолько высока по сравнению с полной себестоимостью производства, что более экономично перейти сначала к более высоким уровням неопределенности. Выбор варианта более длительного срока жизни предприятия (типа глубокой шахты с развитой инфраструктурой и т.д.) часто бывает оправдан даже при том, что запасы надежно оконтурены только для нескольких ближайших лет.

8.2.3. Стратегическая Оценка Горных Проектов

Стратегическая оценка на основе экономических критериев — является важным элементом в процессе планирования и принятия решений. Общеизвестно, что эта оценка, является, вероятно, самым существенным фактором, отличающим успешные проекты и успешные компании от тех, которые менее успешны. Трудность состоит в том, что, начиная от очень ранней стадии оценки проекта, некоторые всеми принятые заключительные сценарии развития проекта сами начинают определять путь, по которому направляются новая информация и новые исследования. Если бы информация была бесплатной и не отнимала времени для подготовки, то вся нужная информация для сравнения возможных альтернатив могла бы быть найдена. Однако, раз информация избирательно собиралась и оценивалась последовательно на разных этапах оценки, то и сам процесс зависит от выбранного пути. Альтернативы, которые могли бы быть одинаково экономически привлекательны, никогда не смогут теперь быть рассмотрены. Некоторые из вариантов могут быть устранены на ранней стадии оценки, если их положительные характеристики недостаточно хорошо поняты, и когда плохие характеристики принятой альтернативы еще не очевидны.

Стратегическая оценка должна быть предпринята как можно раньше в оценке проекта, и она должна распространяться так широко, насколько это возможно. Направление и приоритеты для последующей геологоразведки и оценки могут измениться радикально, в зависимости от того, какие ограничения выбранного метода горных работ должны быть удовлетворены. Кроме того, опыт оценки и команда экспертов могут существенно сказаться на объективном рассмотрении альтернатив. Принятие одного или другого метода заканчивается появлением зависимого пути для последующего принятия решений. Это влияние зависимого пути вводит риск того, что выбор варианта будет зависеть от квалификации и опыта экспертов, а не от объективной оценки характеристик месторождения.

8.2.4. Выбор блоков рудных запасов и поэтапное развитие горных работ

Оптимальное развитие горных работ обычно требует сбалансированности между:

- усреднением хороших и плохих характеристик ресурса, чтобы улучшить использование оборудования и обеспечить требуемую последовательность горных работ
- преднамеренным выбором более выгодных блоков на ранних стадиях, чтобы максимизировать размер ранних потоков наличности

Усреднение означает смешивание руды разных сортов до среднего качества. Упор на раннем отборе более выгодных блоков должен обеспечивать более высокую доходность этих блоков для выплаты процентов по кредитам и налогов на капитал, которые являются наиболее серьезными в начале жизни проекта. Ясно, что перед оптимизацией формы и размеров выемочных блоков (карьера) и последовательности добычи, должна быть рассчитана относительная экономическая ценность каждого блока руды. Следующий пример демонстрирует некоторые проблемы, которые возникают в связи с последовательностью добычи.

Карьер имеет некоторые очень привлекательные запасы в одной области, но к ним можно добраться только после отработки большого количества вскрыши. Руда в начале этой работы дает доход \$50/т, но средние затраты составляют по карьеру \$80/т. Как только начальная вскрыша была отработана, то средние затраты составили \$30/т при том же самом доходе 50 \$. Быстрое вскрытие богатой зоны приводит к высокой начальной себестоимости руды, но это компенсируется более мощными потоками наличности при отработке вскрытой богатой руды.

Медленное вскрытие этих запасов будет обеспечивать постоянную прибыль на высвобожденные инвестиции в другом месте, и "субсидировать" за счет них вскрытие карьера. Эта субсидия будет, в конечном счете, возвращена от прибыли извлекаемых блоков руды.

Какой из 2-х вариантов развития будет принят, зависит от детального экономического анализа перспективного плана компании.

8.2.5. Сравнение вариантов горного оборудования

Существующее горное оборудование со временем становится все менее подходящим, а новое оборудование непрерывно развивается, чтобы снизить затраты на горные работы. По мере развития рудника или на детальной стадии планирования новых горных объектов самая обычная задача, требующая экономического анализа, - сравнение двух или больше потенциальных альтернатив комплектов оборудования.

К сожалению не существует единого метода, подходящего для всех возможных вариантов сравнения и оценки. Однако, рекомендуется использовать следующие руководящие принципы:

1. Если варианты характеризуются различными капитальными и производственными расходами на приобретение и эксплуатацию оборудования, то наиболее подходящим является анализ дисконтированных потоков наличности, включая налоги. Если производительность в альтернативах та же самая, то обычно сравнение может быть предпринято изолированно от остальной части рудника.

2. Если производительность производства для разных альтернатив разная, то сравнение должно учитывать и другие факторы. Обычно, рудник должен быть включен целиком в экономическое сравнение и рассмотрен отдельно от задачи сравнения оборудования! Для неизменяющейся отпускной цены, фиксированные затраты на инфраструктуру по большему объему продукции рудника будут меньше для вариантов с большим тоннажем.

3. Там, где сравнение базируется на затратах, возрастающих в короткие сроки, нужно рассмотреть только прямые затраты наличности. В этом случае, амортизация, процентные платежи, или "фиксированные" эксплуатационные расходы (типа накладных расходов главного офиса) могут игнорироваться.

Для большинства случаев сравнения альтернатив самым подходящим является метод дисконтированного потока наличности, который дает надежные результаты, а также метод дисконтированных средних затрат (вариант стандартной модели дисконтированного потока наличности), которые рассматриваются ниже в этой главе.

8.2.6. Полная Оценка Проекта

Полная оценка проекта обычно предпринимается с использованием метода дисконтированного потока наличности. Первоначально осуществляется техническое изучение, которое приводит к созданию таблиц требуемого оборудования, персонала, и сопровождается расчетом объемов предпроизводства и производства в течение каждого года, чтобы произвести заданное количество продукции. Затраты на покупку и эксплуатацию оборудования объединяются с расходами на заработную плату персонала и другими затратами, чтобы определить полную структуру себестоимости. Также оценивается ожидаемый доход от продажи продукции. Таблицы потока наличности включают все единичные притоки и оттоки год за годом (включая налоговые платежи), чтобы определить ежегодные потоки наличности для проекта.

В большинстве горных проектов, есть большой отток наличности в ранние годы из-за закупок оборудования, после чего следуют притоки наличности в будущем. После дисконтирования будущих потоков наличности назад к их эквивалентным сегодняшним ценностям, определяется полная чистая сегодняшняя ценность (NPV) проекта. Если владельцы полагают, что есть достаточные причины для продолжения проекта в рассмотренном виде по сравнению с другими альтернативными стратегиями, то они могут принять соответствующее решение.

Каждая компания ограничена ресурсами, (и если проект не является маленьким по сравнению с ресурсами компании), то решение продолжать будет зависеть от параллельных оценок альтернативных проектов. По этой причине, анализ всего проекта – процедура, отнимающая много времени. В итоге, поддержка от правления компании будет только в том случае, если финансирование данного проекта вписывается в рамки времени, совместимые со всеми другими требованиями к свободным ресурсам компании. Следующий пример демонстрирует некоторые из проблем, которые могут возникнуть при оценке альтернативных проектов.

Новый проект требует начальных капиталовложений 100 миллионов \$, которые приведут к ежегодной чистой прибыли 20 миллионов \$ в год в течение более чем 10 лет. Рентабельность по инвестициям (The return on investment) - 15 %. Компания имеет альтернативу, которая связана с инвестициями более высокого уровня риска, требующими только 50 миллионов \$ капитала; этот проект приводит к 18 % рентабельности, но если его принять, то компания будет иметь недостаточные фонды, чтобы продолжить больший проект. Компания также обеспокоена тем, что меньший, но более выгодный проект, использует дизельное оборудование. Если произойдет увеличение цены на топливо, то это существенно снизит его рентабельность.

Какой проект должен быть принят?

В этом примере, проектная неопределенность должна быть представлена в вероятностных терминах, чтобы оценить риск. Более высокий риск сам по себе - не критерий, чтобы отклонить второй проект, если этот проект не превышает критический уровень риска, как и другой проект. " Риск" сам является функцией размера компании.

8.3. Рентабельные Схемы Горных работ

После того, как две или больше альтернатив выбрано для сравнения, определение рентабельной схемы горных работ подразумевает некоторую объективную меру для сравнения вариантов. Простые правила типа минимальных эксплуатационных расходов или максимальной внутренней нормы прибыли часто оказываются неадекватными для сравнений альтернатив с различными затратами капитала или различными рисками.

Однако, есть еще один фундаментальный элемент в поисках рентабельной горной схемы. Этот элемент "связан с тем, как выбираются альтернативы, оставленные для сравнительной оценки. Систематизированный метод оценки также требует механизма для обнаружения этих возможных альтернатив.

Перед началом оценки ключевые элементы любой горной схемы могут быть разбиты на четыре группы:

- характеристики эксплуатационных расходов
- потребность в капитале и его характеристики
- чувствительность к изменениям и способность приспособиться к изменениям
- учет знаний и философии владельца

Низкие эксплуатационные расходы - всегда желанная цель. Если компания имеет более низкие эксплуатационные расходы чем ее конкуренты, то для той же самой продукции, продающейся по той же самой рыночной цене, компания будет иметь большие потоки наличности. Это дает компании большую защиту против изменчивости рыночной цены, и это означает, что компания может продолжить производство по ценам, которые ее конкуренты не могут себе позволить. Компания может нести потери, но конкуренты будут терять больше денег.

Цель снижения эксплуатационных расходов особенно важна для рудников, ориентированных на экспорт, так как цена минеральных продуктов на экспортном рынке обычно более изменчива, чем на внутреннем рынке.

Низкие эксплуатационные расходы характерны, как правило, для лучших месторождений (малая глубина, высокое содержание). Корпоративная цель - искать такие месторождения, но эта возможность, в значительной степени, находится вне контроля горного планировщика. Низкие эксплуатационные расходы могут также соответствовать капиталоемким горным схемам, но они характеризуются более высокими затратами капитала или, возможно, меньшей гибкостью. В таких случаях сделать выбор не совсем просто.

8.3.1. Потребность в капитале и его характеристики

Проблемы, касающиеся капитала можно разделить на 3 группы: капиталоемкость, выбор времени капиталовложений, и размер капитала.

Термин капиталоемкости используется, чтобы описать инвестиции, которые предпочитают дополнительный расход ресурсов сейчас, чтобы снизить затраты в будущем. Это подразумевает, что, в процессе работы рудника фиксированные затраты будут составлять большую часть суммарных затрат. Когда практики говорят о реализации более капиталоемкого горного плана чем некоторый альтернативный план, то они обычно имеют в виду большой расход начального капитала, чтобы достигнуть в будущем низких или более низких эксплуатационных расходов. Иногда дополнительный капитал привлекается, чтобы уменьшить риск или добиться более легкого наращивания мощности

рудника. Интенсификация капитала – наиболее популярная цель в мировой крупномасштабной горной промышленности, но более капиталоемкие схемы не обязательно будут привлекательны и экономичны, а менее капиталоемкие – не обязательно плохие. Более высокая стоимость капитала может вызывать финансовый риск в нестабильных политических средах. Капиталоемкие схемы часто менее гибки, чем альтернативные, и это может закончиться более высоким техническим риском или меньшей способностью приспосабливаться к изменениям на рынке.

Если все другие параметры равны, то отсроченное капиталовложение – желательная цель, так как более позднее вложение капитала имеет более низкую стоимость (в терминах настоящего времени), чем тот же самый расход, понесенный сегодня. Однако, все другие параметры не могут быть равны. Более высокие эксплуатационные расходы, понесенные в результате задержки капитальных затрат, могут означать, что компания ожидает получить доход, который может превысить отдачу от размещения их денег в другом месте. Если отсроченный капитал должным образом включен в горный план, то это обычно приводит к трем другим преимуществам:

1. Параметры горных работ и характеристики месторождения будут лучше поняты во время отсрочки. Возможно, что в будущем может потребоваться меньше капитала.

2. Отсроченный капитал подвержен меньшей неопределенности, т.к. подразумеваются меньшие затраты в отличие от случая первоначальной траты всего капитала, когда информация о месторождении менее достоверна.

3. Даже если полный капитал неизменен в терминах сегодняшнего дня, то он может частично финансироваться из потока наличности. Максимальная сумма вложений перед появлением положительного потока наличности может быть уменьшена, а капитальные затраты могут быть ниже.

Всякий раз, когда появляется новое предложение для инвестиций, один из первых вопросов – сколько это будет стоить? Имеется в виду, что затраты капитала должны быть минимальны. Эта предпосылка неудачна. Хотя владельцы компаний очень чувствительны к любому суждению по поводу размера капиталовложений, для них "инвестиции" означают "использование капитала". Эффективное распределение ресурсов фирмы (включая капитал) конечно важно, но минимизация капитала не является ключевым элементом в выборе лучшего метода горных работ.

Действительно важным является полное использование капитала, совместимое с размером компании. Горная компания среднего размера может потратить 200 миллионов \$ инвестиций, если это позволяют существующие ресурсы (стабильный доход, установленные кредитные линии), но кроме этого, возможно, придется выпустить дополнительные акции или использовать более дорогостоящие формы финансирования. Дополнительная стоимость этого привлекаемого капитала может быть очень высока особенно, если он увеличивает опасность для других существующих видов коммерческой деятельности компании.

8.3.2. Изменение чувствительности и способность приспосабливаться к изменениям

Будущее никогда полностью не соответствует любому плану или множеству планов, но все же доход акционеров непосредственно связан с тем, как год за годом реализуются используемые виды коммерческой деятельности, несмотря на изменения, происходящие вокруг них. Эта ошибкоустойчивость перед лицом изменений может быть обеспечена характеристиками месторождения, но более часто это – функция:

- метода добычи и выбранного оборудования,
- насколько хорошо этот метод и оборудование освоены, а также
- какие ограничения используются в процессе их адаптации.

В большинстве горных компаний ключевые факторы, сильно влияющие на экономику и находящиеся вне прямого контроля компании:

- рыночная цена и объем продаж,
- обменные курсы валют, и
- характеристика минеральных ресурсов компании.

Если, например, прочность пород вскрыши неизвестна, то предпочтительна схема добычи, для которой производительность и затраты являются относительно нечувствительными к этому фактору. Затраты транспортно-погрузочных схем, например, не так чувствительны к прочности пород вскрыши, как затраты на выемку роторными экскаваторами. В этих случаях может быть разумным принять альтернативную, менее чувствительную схему, даже если эта схема имеет более высокую стоимость.

Стоимость снижения неопределенности должна быть сбалансирована с помощью более дорогой, но менее чувствительной схемы.

При запуске рудника, много характеристик месторождения могут быть неизвестны, что стимулирует выбор горных технологий, которые наименее чувствительны к этим характеристикам (даже с учетом более высоких первоначальных затрат). Однако, если рудник работает в течение некоторого времени, то эти характеристики могут стать более понятными, и границы предсказуемости могут увеличиться. Горные схемы, которые являются чувствительными к этим характеристикам, теперь могут быть осуществлены, если они дают преимущества в затратах. Горный план должен также учитывать возможность более поздних изменений.

Самый большой неизвестный фактор во многих горных проектах - отпускная цена и количество продаваемых изделий компании. По этой причине, почти все новые шахты начинают производство с производительностью, которая ниже их теоретической оптимальной производительности. Если рудник должен начать производство с более высокой производительностью, то некоторую часть продукции, возможно, придется продать на менее развитых рынках с низким доходом. Если производство увеличивается из-за расширения рынков или закрытия старых шахт, то постоянство рыночных цен может быть выдержано. Более рентабельный горный план - тот, который учитывает в пределах своих возможностей эти увеличения производства (или, возможно, уменьшения производства к концу работы рудника) в соответствии с рыночными требованиями.

На протяжении жизни рудника, всегда происходят огромные изменения в эффективности горного производства и транспорта, а также и в цене продукции. Накладные и другие затраты очень существенны, и часто самый прибыльный период работы встречается не ранее чем через 10 лет после открытия рудника. В это время компания могла бы даже эксплуатировать запасы, которые, как полагали, были весьма неэкономичными в начале. Конечно трудно оценить все возможности по начальному дисконтированному потоку наличности, но шахты должны быть спроектированы так, чтобы учитывать такое развитие событий. Главные обогатительные установки должны быть помещены на территориях, которые имеют самую низкую вероятность того, чтобы когда-либо быть отработанными. С другой стороны, необходимо экономить затраты и размещать объекты возможно ближе к руднику, иначе будущий персонал не поймет экономической логики предыдущих экспертов.

8.3.3. Учет знаний и философии владельца компании

Каждый год большое число компаний изменяют владельцев, после чего там часто происходят весьма драматические изменения. Расчеты производительности оборудования делаются на основе статистических данных или руководств изготовителей, и часто опускается факт, что машина производит "номинальную" продукцию только под руководством квалифицированного оператора. Навыки этого оператора, инструкции по выполнению операций и т.д. играют важную роль в достижении ожидаемых результатов. Главное отличие горной промышленности от почти всей другой индустриальной деятельности (фабричные процессы и т.п.) состоит в том, что рудник изменяется ежедневно по мере отработки запасов. Форма и характеристики запасов следующего дня могут очень отличаться от прошлого опыта, и сегодняшнее благополучие может не обязательно быть автоматически перенесено на завтра.

Эта изменяющаяся окружающая среда производства – отражается в изменяющейся среде принятия решений, поэтому устоявшиеся во времени правила для горного персонала и менеджеров могут стать неподходящими при изменениях в горном плане. Много людей, принимающих решения, не могут даже знать об этом факте.

Шахты, которые уже работают в течение некоторого времени, развивают очень сложную корпоративную культуру - набор письменных и неписанных правил, которые появляются через какое-то время. Именно эти правила и процедуры позволяют эффективную передачу знаний и опыта рабочей силе. Поскольку это свойство развивается только через какое-то время, то оно (молчаливое знание) обычно достаточно непризнанно.

Если работы ведутся необученным персоналом (или, если персонал обучался по несоответствующим наборам правил), то он может воздействовать на эффективность производства самыми драматическими способами. Производство на больших заводах является весьма последовательным и похожим день ото дня, но все шахты изменяются каждый день, поэтому очень трудно установить здесь приемлемые инструкции для нового персонала, чтобы он понимал свою задачу достаточно хорошо и работал эффективно.

Новые проекты должны быть разработаны с учетом необходимого времени для развития этих молчаливых правил; в течение начального периода становления, а директива "более простой метод - лучше" должна быть основной.

Точно так же, как ежедневная работа подчинена молчаливому знанию, которое редко понимается сознательно, происходит и принятие решений на более высоком уровне в корпоративной структуре.

В конце 1970-ых и в начале 1980-ых, многие из больших нефтяных компаний пришли в бизнес угольной промышленности, рассматривая его, как расширение их существующих видов "энергетического" бизнеса. Однако, к середине 1990-ых, почти все эти компании распродали свои угольные объекты после неудачной попытки ассимилировать их в свои большие корпоративные структуры. Хотя эти два вида коммерческой деятельности поставляют на рынки подобное сырье, производственная фаза горного бизнеса, где принимаются самые трудные решения, весьма отличается от нефтяного бизнеса, где производство относительно менее важно. Относительные размеры бизнеса, финансирование и учет изменчивости и менее взаимозаменяемый характер угля по сравнению с нефтью были только тремя существенными различиями, которые сделали этот переход трудным.

Успешно работающие на рынке компании обычно обеспечивают выполнение 2-х условий. Во-первых, новые развития и проекты должны быть совместимы с философией и структурой капитала организации. С другой стороны, сама организация должна быть довольна своей корпоративной культурой, которая может адекватно реагировать на быстрые изменения. При отсутствии этих условий к появлению новшеств нужно относиться с предостережением. Компании, которые требуют много времени для адаптации к изменениям и длительных согласований с вышестоящим руководством, должны использовать более эффективные методы и более сложной корпоративной поддержки своих решений.

Сравнение альтернатив, основанное на упрощенной экономике (например, самых низких затратах капитала и самых низких эксплуатационных расходах) больше не достаточно. В изменяющейся мировой среде, ключ к поддержанию и улучшению горной экономики лежит в схемах, которые являются достаточно приспособляемыми, чтобы предусмотреть широкий диапазон обстоятельств и для которых эффективность затрат может быть обеспечена по всему этому диапазону. Экономический компромисс должен включать как среднее значение, так и граничные затраты, а так же неопределенность и риск, и должен быть понятен управленческому и рабочему персоналу, чтобы способствовать принятия ими правильных решений.

8.3.4. Непрерывный процесс планирования

Как только предложение по использованию предложенной схемы горных работ будет принято, она должна быть правильно отражена (в экономическом смысле) в горном проекте (плане).

Если никакого горного плана пока нет, то горные затраты или относительные затраты альтернативных горных схем неизвестны, поэтому ожидаемая структура добычных затрат для любого горного проекта, получается из предыдущего, менее детального горного плана или берется из аналогичного рудника. Первые приблизительные горные планы и каждое последовательное повторение цикла планирования формируют и делают более ясными правила оценки последующих стадий в цикле. Первоначальные правила происходят из корпоративных установок и простейших правил «большого пальца», описанных ниже. Систематический процесс планирования состоит из ряда одинаковых (осуществляемых в одном и том же порядке) шагов в каждой стадии (см. главу ___).

Задача многократно выполняемой оценки решений имеет элемент, связанный с неким правилом, и элемент действия. Связанный с правилом элемент делает следующее:

- Подтверждает, что правила оценки, предварительно отобранные для этой стадии, совместимы с результатами данной стадии планирования. Например, если альтернативы должны прежде всего сравниваться на основе их производственной себестоимости, то связанный с правилом элемент подтверждает, что затраты производства - первичный фактор, который отличает одну альтернативу от другой.
- Устанавливает для альтернативы, которая пока не была отвергнута, более ясный набор правил (руководящие принципы для следующей стадии). Этот очищенный набор правил - отправная точка для сравнения подмножеств неустраненной альтернативы в последующей стадии оценки.

Действия, возможные после любой оценки:

1. Осуществить предложенное решение.
2. Исследовать предложение более подробно. Перейти к следующей стадии изучения, пытаюсь найти

больше надежности в оценке до принятия окончательного решения.

3. Исследовать больше альтернатив с этим же самым уровнем точности или перейти к более широкому уровню.

4. Прекратить проект

Переход от одной стадии оценки к следующей - не просто вопрос увеличения точности— каждая стадия также избавляется от альтернатив, которые могли бы направить развитие рудника в некотором полностью отличающемся направлении. По этой причине, правила для оценки в течение начальных (приблизительных) и стратегических стадий планирования должны быть предварительно изучены на самых высоких уровнях. На этой стадии, когда доступно самое большое число альтернатив, наиболее легко ошибочно устранить целые классы потенциальных направлений развития.

Первая стадия оценки (приблизительного планирования) нацелена на получение руководящих принципов для геологоразведки. Обычно не ожидается, чтобы на этой стадии были исследованы сотни потенциальных горных сценариев, так как стоимость таких исследований с любым уровнем точности может быть достаточно большой.

Общепринято говорить о "точности" или "надежности в оценках затрат" в смысле того, чтобы оставаться в пределах некоторого диапазона фактических значений. Для приблизительных исследований, надежность результата могла бы быть в пределах $\pm 20\%$, но это число вводит в заблуждение, потому что оно было бы верно, если бы горный план мог быть фактически осуществлен. Законность этого предположения подтверждается только после детального технико-экономического обоснования (feasibility study).

Однако, для того, чтобы сравнивать альтернативы, приблизительные планы обеспечивают надежные руководящие принципы для получения вероятных экономических характеристик рудника, предполагая, что такие планы могут быть осуществлены. Если отсутствует систематическое смещение или грубые ошибки, то общерудничные затраты могут быть внутри интервала $\pm 20\%$, даже если входные данные имеют точность всего 40% . Отдельные высокие оценки могут компенсировать при этом более низкие.

Вторая стадия цикла планирования - стратегическое планирование, выполняет критическую роль в оптимизации горного проекта (плана). Она водружает на место фундаментальную экономическую структуру всего проекта. Приоритетным на этой стадии планирования является установление трех вещей:

- Понимание того, какие характеристики этого (потенциального) рудника могут быть сравнимы с другими шахтами, или какие характеристики продукции этого рудника, оцененные покупателями, приняты стратегией, которая максимизирует ценность проекта. Даже если фундаментальная структура себестоимости не отличается от других шахт, то все равно могут быть существенные отличающиеся пункты. Дифференциация затрат обеспечивает основу для установления более низких цен при продаже изделий, когда другие шахты не могут это сделать, или лучшую возможность для адаптации, т.к. рудник развивается, или изменяются потребности клиентов. Большинство этих факторов неосознано и не обнаруживается при анализе потока наличности.

- Развитие самого рудника должно идти с достаточными возможностями для изменений. Большинство проектов шахт развивается по одному выбранному основному сценарию. Размер оборудования и стратегия развития оптимизированы для этого базового случая. Исторически сложилось, что объем продукции этого базового случая обычно, оказывается слишком низким в долгосрочной перспективе (большинство шахт расширяется в сравнении с их первоначальной производительностью), но также и слишком оптимистичным на ранних стадиях жизни рудника. При использовании традиционных методов инвестиционных решений трудно избежать принятия некоторого базового варианта производства, независимо от того, насколько он может представлять рыночный интерес. Планирование и принятие решения должны базироваться на чем-то! Однако, неизбежность будущих изменений должна всегда признаваться. Стратегия должна планироваться, и управление компании должно немедленно начать реализацию процессов, ведущих к изменениям производства при обнаружении изменений во внешнем мире.

- Третья цель процесса стратегического планирования состоит в том, чтобы понять, какая из этих характеристик в наибольшей степени воздействует на экономику компании - как директиву для следующих стадий планирования. Затем могут быть оптимизированы затраты для тех элементов горного плана, которые являются наиболее контролируемыми и управляемыми.

Стратегическое планирование, прежде всего, заинтересовано в изменении, отклонении и предварительном выборе вариантов, которые существенно отличаются относительно ожидаемой ценности проекта. Центром является выбор такого варианта, который имеет самый высокий средний ожидаемый доход на инвестиции, а не того, который менее опасен. Таким образом, "ожидаемая ценность" в этом

контексте означает наиболее вероятный результат или (в случае нормального распределения) среднее значение распределения. Альтернативы, сравниваемые с использованием этого правила, экспериментально принимаются со следующими допущениями:

- Неопределенность (рассеивание потенциальных результатов) может быть уменьшена на последующих стадиях оценки.
- Последующая оценка не будет значительно изменять ожидаемые параметры распределения, поскольку проблема неопределенности будет решена.

После окончания стратегической стадии планирования полный средний ожидаемый доход по всем инвестициям редко изменяется для любого выбранного варианта. Последующие стадии планирования обычно связаны с «очисткой» полученного плана.

Если детальное технико-экономическое обоснование было закончено, но проект не показывает требуемого возврата инвестиций, то дальнейшее детальное изучение не требуется. Существенное изменение размера возврата инвестиций требует существенного или фундаментального изменения стратегии развития, а не только переработки некоторой существующей стратегии.

В начале многих золотых проектов с карьерами, они обычно очень мелкие, а содержания - низкие, поэтому затраты на добычу, как часть полных проектных затрат, также являются очень маленькими. Наибольшие затраты формируются на стадии обогащения из-за больших объемов руды, которая должна быть переработана. Приоритетом для планирования становится поставка на ОФ руды ожидаемого качества, даже за счет роста горных затрат. Любое дополнительное разубоживание обязательно уменьшит долю руды и доход. Первоочередная технология, в которой нуждается золотодобывающая компания на этой стадии – это оптимальная технология переработки руды.

Если, однако, этот первый план не приводит к достаточному доходу даже при отлично настроенном процессе переработки, то необходимо принять новую стратегию, полностью отличную от рассматриваемой. Развитие подземных работ, например, может позволить раньше добывать руду с более высокими содержаниями. В этом альтернативном сценарии, затраты на переработку могут стать незначительной частью общих затрат. Горные затраты будут более существенны, и контроль за содержанием в руде получит более низкий приоритет чем, скажем, надежность поставки руды на фабрику. Здесь надо иметь в виду, что для подземной отработки может быть другой приоритет. Главные формы технологии, в которой золотая компания нуждается для этого сценария - навыки в производстве подземных работ.

Если необходима новая экспертиза стратегии, то этого часто трудно достигнуть с той же командой, навыки которой уже были связаны в памяти с существующей стратегией. Команда должна понять, что альтернативные стратегии могут быть полностью другими и уметь осуществить их.

Одно из ключевых требований стадии стратегического планирования заключается в том, чтобы понять характеристики риска выбранного горного метода. Последующее планирование может найти самый подходящий способ минимизировать воздействие неопределенности на проектируемый поток наличности.

Рассмотрим, например, принятие решения для проекта стадии обработки руды. Экономика такого проекта чувствительна к точности оценки объема поставляемой руды на ОФ, но часто это не может быть точно определено на стадии планирования. Представляются 3 стратегически различных альтернативы:

1. Проектировать производительность завода для "ожидаемых" средних объемов руды. Эта альтернатива означает, что есть 50%-ый шанс, что завод будет в будущем недозагружен. Капитал будет потрачен, а отдачи от него не будет. Есть также 50%-ый шанс, что завод будет перезагружен. В этом случае выпуск продукции будет уменьшен, и доход будет страдать, в то время как все другие затраты останутся неизменными. Потери дохода, так как это намного более важно чем небольшое возрастание затрат, нужно избегать, даже если понесены более высокие затраты. Сверхурочное время работы возможно для некоторых горных операторов; это позволяет поддержать обслуживание производства, но с более высокой себестоимостью.
2. Проектировать производительность завода так, чтобы охватить, скажем, 90 % максимально возможного объема поставки руды. Эта альтернатива использует капитал, чтобы уменьшить риск. По сравнению с альтернативой 1, это - решение потратить дополнительный капитал, когда в среднем есть только 40%-ый шанс, что дополнительный капитал будет необходим. Остается 10%-ый шанс, что капитал не будет востребован. С технической точки зрения, альтернативы, которые

имеют 90%-ый шанс на успех, предпочтительны перед альтернативами, которые имеют только 50 % или меньше шанса на успех. С экономической точки зрения, решение проблемы с помощью последующих корректировок может быть более дешевым.

3. Преднамеренно недооценить производительность завода (скажем, принять такую производительность, для которой есть только 30%-ая вероятность, что она будет правильной). В то же самое время, в случае непредвиденных обстоятельств потребуются немедленная корректировка плана (70%-ая вероятность, что завод оказывается неадекватным). Философия в этом случае такова, что завод, как ожидается, будет неадекватным, но неизвестно, в какой специфической области это несоответствие обнаружится, а затраты на предотвращение всех потенциальных непредвиденных обстоятельств чрезмерны. Конечно, всегда есть 30%-ый шанс, что проект не будет неадекватным вообще.

Организация, которая имеет трудности адаптации к изменениям или связанные с ними высокие затраты, должна принять альтернативу 2. Работа с резервом мощностей уменьшает вероятность последующих изменений. С вероятностной точки зрения, эта альтернатива связана с проектированием избыточной мощности, и, возможно, это "ошибка" в экономических терминах, но она часто корректируется дальнейшим развитием (включая больше капитала если необходимо).

Организация, которая может приспособиться к изменениям, имеет возможность избежать расходов, которые будут автоматически сделаны, если принята альтернатива 2. Однако, все корректировки – это всегда очень очевидные затраты и обычно расцениваются как признаки неудачи, тогда как вероятная сверхкапитализация в альтернативе 2 означает менее очевидные затраты.

Суммируя, можно сказать:

1. Первичная экономика горного проекта в значительной степени определяется теми факторами, которые воздействуют на доход. Понимание этих факторов (то есть, характеристик месторождения) может контролироваться планировщиком, но сами факторы он изменить не может. Компания должна быть достаточно богата, чтобы быть жизнеспособной даже в случае маловероятного результата. Альтернативно, план должен быть достаточно приспособляем к изменениям, чтобы быть жизнеспособным, несмотря на неопределенность результата.

2. Как только обращаются к факторам, влияющим на доходы, основной упор планирования должен быть сделан на оптимизации тех моментов, которые в наибольшей степени воздействуют на структуру горных затрат. Это область, которая больше других должна быть под контролем у планировщика.

3. Горное планирование должно рассмотреть факторы риска, способные привести к потере дохода. Компании могут снизить их чувствительность ко многим рискам с помощью более высоких эксплуатационных расходов.

Многие неопределенности не могут быть удалены с помощью изменения эксплуатационных и капитальных затрат, или даже планированием непредвиденных обстоятельств. В этих случаях положительное решение базируется на планировании высокого "ожидаемого" возврата инвестиций, чтобы компенсировать возможный риск.

Для тех факторов, которые могут быть определены количественно с помощью капитальных или эксплуатационных расходов, решение не принимать высокозатратную с низким риском альтернативу – это решение означает принятие более высокого риска. В проектных оценках, процентная ставка должна отражать риск. Если этого не делается, то это неявно смещает горный план к вариантам с более высоким риском, которые приводят к более высокому доходу.

Важным результатом этой стадии планирования является понимание структуры затрат компании в виде директивы ("руководства") для будущего горного планирования. Будущий план должен включать в себя:

- полную концентрацию на более выгодных запасах месторождения
- начальные стадии плана сосредотачиваются на запасах, которые дают сильные потоки наличности (снижают затраты на освоение, имеют более высокие содержания рудопотоков и т.д.)
- гибкие схемы добычи, которые облегчают адаптацию к возможным изменениям (расширение, производство альтернативной продукции и т.д.)

Результат этой стратегической стадии планирования должен установить, где должны производиться горные работы, с какой производительностью и какие должны быть характеристики горных работ, т.е. последовательность и система. Эта стадия устанавливает основные правила для последующего анализа.

Последующие детальные стадии планирования должны улучшить надежность оценок с помощью лучшего понимания деталей проекта, ограничений, размеров капитальных и эксплуатационных расходов.

Как только стратегия принята, а экономика и риски, связанные с ней, ясно поняты, то можно переходить к деталям в процессе долгосрочного планирования и ТЭО (Feasibility Study). Ключевое слово для этой и последующих стадий – осуществимость. Планирование направлено на обеспечение самой высокой вероятности того, что предполагаемое производство и события будет реально достигнуты. Привлекаются различные процедуры развития, чтобы этот переход от "запланированного" до "фактического" вынес испытание временем. Методы производства, затраты, и характеристики потока наличности будут намного ясней по сравнению с приблизительными стадиями, но маловероятно, что экономика проекта в целом (возврат инвестиций по проекту) будет сильно отличаться от оценок на предыдущих стадиях планирования.

Проблемы, решаемые на этой стадии:

- выбор оборудования и оптимизация горных работ
- развитие горных работ, их детальные границы и моделирование потока наличности в течение первых нескольких лет, когда он наиболее чувствителен
- оптимизация высоты уступа, ширины рабочих площадок, учет ограничений вскрытия и рассмотрение альтернатив календарных планов
- ежегодное, ежемесячное и краткосрочное планирование

8.4. Затраты

В экономике затраты на приобретение чего-нибудь - это обязательное закрытие каких-то других возможностей истратить те же деньги. В отличие от бухгалтерского учета затрат, которые являются историческими, экономическое представление затрат – это взгляд в будущее. Затраты в этом смысле помогают принятию решения. Если затраты должны влиять на выбор варианта, то они должны базироваться на прогнозах.

8.4.1. Затраты в экономической перспективе

Ошибка в определении цели экономической концепции затрат может означать, что усилия неверно направлены. Например, самая обычная трудность – это путаница между понятием "затраты" и нежелательными характеристиками некоторого случая. Открытие нового рудника сопровождается многими нежелательными событиями: процесс согласования разных параметров, износ и проколы на местных дорогах, вызванные увеличенным движением, трудности строительства и т.д. Это - отрицательные признаки горных работ, но не затраты.

Привычка думать о трудностях, как о затратах, появилась в процессе деловых контактов. В оценке любого суждения, доходы (хорошие последствия) сравниваются с расходами (плохие последствия). Признание трудностей затратами упускает различие между оценкой и калькуляцией себестоимости. Ценность данного случая или суждения – это сумма всех его элементов, хороших и плохих. Типичное изучение горного проекта оценивает все эти хорошие и плохие признаки и определяет отрегулированную риск, оцененную с учетом времени сумму доходов, эксплуатационных расходов, налогов, и т.п., чтобы получить некий параметр, обычно называемый как чистая сегодняшняя ценность (NPV). Затраты – это NPV следующего самого привлекательного альтернативного предложения, которое отвергнуто в пользу принятого. NPV этого альтернативного суждения получается уравниванием и оценением тех же самых хороших и плохих признаков этого предложения.

Таким образом, было бы неправильно сказать, что одна из затрат нового проекта - ухудшение местных дорог за счет увеличенного движения. Даже если бы затраты существовали только в дорожном измерении, себестоимость не была бы состоянием дорог после развития рудника по сравнению с тем, чем они были прежде. Скорее, это было бы различие между вероятным состоянием дорог при развитии рудника и вероятным состоянием дорог, если такого развития нет. Если проект отложен, то уменьшенные местные налоги могут также привести к ухудшению дорог в любом случае.

Это экономическое понятие затрат также имеет важное значение для решений в области капитала и других долгосрочных обязательств. Решения в области капитала - долгосрочные решения, но когда решение сделано, то Ваш выбор – это не обязательно безвозвратная дорожка в будущее. Решение реализовать план может быть частично пересмотрено, а безвозвратной частью плана является только ценность или вероятная потеря ценности в случае непредвиденных препятствий выполнению плана. Стоимость решения (безвозвратная часть) не может быть тем же самым, что и затраты самого события.

Предположите, что для рекультивации должен использоваться бульдозер, который может быть куплен за 750 000 \$. Если он используется 4 года и после этого может быть продан за 75 000 \$, то каковы будут затраты на него: 750 000 \$, 675 000 \$, или ...?

Если решение включало безвозвратное обязательство сохранить бульдозер в собственности до конца 4-летнего периода, то затраты будут 675 000 \$. (Фактически, получение 75 000 \$ через 4 года, принимая 10%-ую процентную ставку была бы $75\,000\ \$ / (1.10)^4 = \$51\,226$; таким образом, денежные затраты в терминах NPV - 698 774 \$. Но возможно решение было не безвозвратное, поэтому бульдозер может всегда быть продан снова, возможно на следующей неделе! Если бульдозер мог бы быть продан на следующей неделе за ожидаемые 700 000 \$, то затраты по этому варианту будут только 50 000 \$.

Примем теперь, что подрядчик может выполнить ту же самую работу бульдозера с оплатой 2.00 \$ за единицу продукции, достигая той же самой производительности, которая была бы достигнута, если бы был куплен бульдозер: 10 000 единиц в неделю. Какова стоимость этого варианта?

Поскольку этот вид работы оценивается на единицу продукции, то можно рассмотреть затраты только как прямую функцию производства. Но та же самая логика, что и изложена выше, применена и здесь. Это - фактор обязательств, который означает, что существуют возможности в конце этого срока продолжить или остановить работу. Если контракт будет закончен на следующей неделе, после того, как только 10 000 единиц были перемещены, то оплата подрядчику составит только 20 000 \$. Большинство контрактов предусматривает штрафные платежи в случае досрочного расторжения, и реальная стоимость этого выбора может быть существенно выше. Поэтому с учетом штрафа стоимость решения использовать подрядчика может быть больше чем стоимость решения купить собственный бульдозер.

Эти простые иллюстрации демонстрируют важное различие между бухгалтерским учетом затрат и их экономической оценкой. Бухгалтерский учет базируется на исторических данных, независимых от вариантов или последующих выборов стратегий в течение жизни оборудования. Таким образом, амортизация в бухгалтерском учете типично означает постоянное сокращение ценности бульдозера через какое-то время. В экономической перспективе амортизация в пределах любого периода означало бы различие между:

- ценностью бульдозера в начале периода и
- ценностью его в конце периода.

Это "экономическое обесценивание" дает информацию для принятия многих решений в горнодобывающей промышленности от инвестиций на горнокапитальные работы до инвестиций в новые технологии, когда более старое оборудование все еще пригодно к работе.

В дальнейшем изложении строго различие между "затратами" чего-то (ценность некоторой неизбежной альтернативы) и "затратами" в обычном смысле (денежный расход) впредь будет опускаться. Если бы не большие инвестиции, то денежный расход весьма хорошо выражает ценность рассматриваемой альтернативы в рыночной экономике. И все же о различии нельзя забыть. Горные компании, работающие в менее развитых странах, например, не могут поверить, что рыночные цены правильно выражают ценность предполагаемых альтернатив. Если специальное кольцо для важного насоса в данный момент недоступно, то стоимость его определяется не по каталогу за 5 \$, а это могут быть тысячи долларов убытков от неработающего насоса.

Различие между рыночной ценностью чего-то и (частной) ценностью той же самой вещи также важно в выборе инвестиций капитала. Рыночная ценность горной компании посередине основной программы развития не может быть достоверно представлена ценой акции компании. Точная рыночная оценка требует информированного рынка, а в процессе развития шахт бывают времена, когда рынки весьма плохо информированы.

8.4.2. Типы затрат

Каждый бизнесмен должен знать, что затраты на производство его изделий – важнейшая часть принятия разумных решений. Есть много способов представить и применять затраты, и некоторые концепции затрат являются более подходящими для решения некоторых проблем, чем другие понятия.

Некоторые из наиболее важных видов затрат, включают:

- фиксированные (fixed) затраты
- невозвратные (sunk) затраты
- возместимые (recoverable) затраты

- возможные (opportunity) издержки
- переменные (variable) затраты
- эксплуатационные (operating) расходы
- внешние (externalities)

Каждый бизнес несет затраты, которые не изменяются с выпуском продукции. Фиксированные затраты – это расход, который не изменяется с уровнем выпуска продукции. Ежегодные платежи, чтобы поддержать арендный договор (если эти платежи независимы от производства) – один пример фиксированных затрат. Стоимость строительства электролинии высокого напряжения – другой пример.

Часть фиксированных затрат, которая не восстанавливается – это невозвратные затраты. Они не должны затрагивать последующие решения. При расчете потока наличности горного производства невозвратные затраты исключаются.

Вы потратили 15 миллионов \$ на геологоразведку, оценивая запасы горной компании на длительный период времени, в результате проект выглядит жизнеспособным. Ваша бухгалтерская политика требует, чтобы Вы отнесли эти 15 миллионов \$ на доказанные запасы, но когда эти затраты будут включены, то проект будет не в состоянии выполнить требуемый Вами возврат инвестиций. Затраты на геологоразведку должны быть включены в проект?

Затраты на геологоразведку не должны влиять на решение принять проект или нет. Если Вы продолжаете проект, то Ваши бухгалтеры будут сообщать Вам об "убытках", потому что они будут относить высокую стоимость разведки на проект. Но если Вы не принимаете проект, то они все равно будут сообщать об "убытках" 15 миллионов \$ и применять их ко всем альтернативам, потому что деньги уже израсходованы. Однако, некоторая часть стоимости разведки может быть восстанавливается позже, как обсуждается позже.

Затраты на геологоразведку в предыдущем примере, возможно, были уже потрачены, но они автоматически не становятся невозвратными затратами. Все 15 миллионов \$ не могли бы быть полностью возвращены, но обнаруженные запасы, например, могли бы быть проданы за 10 миллионов \$. В этом случае, только 5 миллионов \$ от первоначальных 15 миллионов \$ - невозвратные затраты, а 10 миллионов \$ - восстанавливаемые затраты.

Связанные "затраты" – это истинные экономические затраты, потому что они определяются ценностью утерянной возможности, которая была оставлена. В финансовой литературе, эти истинные экономические затраты упоминаются обычно как альтернативные издержки.

Ключ к пониманию стоимости возможности – не означает "прежде против после," а скорее "с против без". Если компания уже имеет машину и применяет ее к некоторой новой задаче, то собственность (так же как и поток наличности), связанная с машиной, будет та же самая и до, и после использования машины в новой задаче. Однако, если бы компания предприняла новую задачу, не используя эту машину, то как в этом случае поток наличности отличался бы от того, если бы новая задача использовала бы эту машину?

Вы имеете некоторое старое оборудование, которое не может использоваться для удаления вскрыши, и Вы предлагаете использовать его для рекультивации. Вы уже имеете оборудование, так что нет никакой покупной цены, капитальных затрат и никакого потока наличности. Если Вы не используете машину для рекультивации, то Вы могли бы продать ее за 1 миллион \$. Должен быть 1 миллион \$ включен в анализ потока наличности, а также в решение использовать оборудование для рекультивации?

Да! Случай "С (with)" - это случай А. Он предполагает рекультивацию с уже находящимся в собственности оборудованием. Случай "Без (without)" - это случай В. Он предполагает рекультивацию некоторыми другими средствами без имеющегося оборудования и продажу этого оборудования. Случай В имеет свои собственные затраты, плюс доход 1 миллиона \$ (минус налоги) от продажи оборудования; а если выбран случай А, то этот потенциальный доход будет потерян.

Потерянные доходы (от альтернативных сценариев) называют альтернативными (возможными) издержками, потому что, принимая проект, компания откладывает другие возможности, чтобы использовать собственные активы.

Переменные затраты – это затраты, которые изменяются с уровнем выпуска продукции. Как правило, увеличение выпуска продукции создает новую потребность в рабочей силе, топливе, электричестве и

материалах, так что переменные затраты зависят от заработной платы и цен, которые фирма должна заплатить за эти ресурсы.

Хотя эти переменные затраты обычно называют эксплуатационными расходами, решения, которые ежедневно принимаются в процессе горных работ не могут предполагать полного соответствия между бухгалтерскими эксплуатационными расходами и действительными переменными затратами. Какие затраты будут фиксированными, а какие – переменными зависит от временных рамок принятия решения. Для ежегодного составления бюджета, трудовые затраты - переменная стоимость, потому что потребность в рабочей силе может быть увеличена или уменьшена в соответствии с ежегодными требованиями производства. Однако, для ежедневных решений горного технического персонала даже трудовые затраты могут быть фиксированными. Если водитель грузовика сообщил, что выходит на работу, но нет ни одного свободного грузовика, то этих трудовых затрат нельзя избежать.

Любое новое развитие горных работ включает также затраты, которые автор решения не принимает во внимание. Следующее за началом горных работ увеличенное движение на дорогах могло бы потребовать более высоких затрат, например, на дорожное обслуживание. Дорожные пыль и шум могли бы увеличить затраты людей, весьма удаленных от проекта. Этот тип затрат называют внешними затратами. Они могут быть и положительными, и отрицательными. Универсам, оцененный в 0.5 миллионов \$ перед началом горных работ, мог бы быть оценен в 1 миллион \$ после их начала из-за увеличенной клиентуры за счет горного персонала. Внешние затраты – это изменения в ценности, которые переносят другие, и не принимаются во внимание в процессе принятия решения.

Эффективность и правильность выборов в широком социальном смысле предполагает, чтобы решения приняли во внимание все эти внешние факторы. Многие большие фирмы уже делают это на основе "социальной ответственности", даже если нет специальных требований местных властей. Местные налоги не включают компенсацию за увеличенное использование дорог, оставляя местное население с материальными потерями. В то же самое время, горные компании могут иногда получать помощь от местных предприятий, типа универсамов и транспортных компаний, которые могут извлечь пользу от нового проекта.

8.4.3. Граничные (критические) затраты

В экономике есть не так много более важных понятий, чем понятие граничных затрат.

Граничные затраты – это изменение полных затрат. Родственное понятие граничным затратам – граничный доход; то есть, граничный доход - это изменение в полном доходе.

Практически любой производственный процесс несет некоторые фиксированные и переменные затраты. Поскольку производство расширяется, а фиксированные затраты неизменны, поэтому средние фиксированные затраты на единицу продукции снижаются. Если бы это было единственной тенденцией, то в случае максимальной производительности мы имели бы минимальную полную удельную себестоимость производства.

Однако только немногие производства поддерживают эту тенденцию. "Фиксированные" части процесса могут обслужить только ограниченный диапазон переменных частей. Поскольку производство расширяется для тех же самых фиксированных компонентов, то эффективность системы снижается. Каждое приращение производства продукции приносит переменные затраты, немного большие чем предыдущее приращение.

Система экскаватор/грузовик - типичная система в горной промышленности. Экскаватор - фиксированный компонент, а грузовики - переменный компонент. Когда только один грузовик работает с экскаватором, то средняя себестоимость производства высока, потому что фиксированные затраты на покупку и эксплуатацию экскаватора распространены на относительно маленькое производство. Когда имеется два грузовика, то производство увеличится, но предыдущая производительность не будет удвоена, потому что будет создаваться очередь в начале работы. По мере добавления дополнительных грузовиков, производство увеличивается, но на уменьшающееся количество продукции, поскольку увеличивающееся число грузовиков будет мешать в работе друг другу.

Другой пример - железная дорога, соединяющая рудник с портом или рынком. Фиксированные затраты на рельсовый путь могут обслужить много поездов, но каждый дополнительный поезд добавляет сложность планирования и увеличенные задержки системы целиком. С расширением производства, все больше работ должно быть сделано по нормам сверхурочного времени с более высокой стоимостью. При непрерывном развитии, в конечном счете, становится более эффективно дублировать путевое хозяйство.

Средние затраты производства высоки при низких уровнях производства, и каждое приращение производства имеет низкие, но увеличивающиеся граничные затраты. Если граничные затраты - меньше

чем средние, то средние уменьшаются с увеличением производства. Производительность, которая приводит к самым низким средним затратам на единицу производства, находится там, где кривая граничных затрат пересекает кривую средних затрат.

Самая низкая средняя себестоимость единицы производства - конечно желательна, но обычно цель состоит в том, чтобы максимизировать прибыль (или минимизировать потери). Существует правило: Расширение производства эффективно до тех пор, пока граничные затраты не сравняются с граничным доходом.

Все сказанное справедливо, если цена продукции независима от объема производства. Для многих видов минеральной продукции, типа золота и серебра, это - подходящее предположение. Для многих других материалов цена обычно зависит от объема производства, и дополнительное производство может быть поглощено на рынке, только если рыночные цены будут уменьшены. Большинство индустриальных полезных ископаемых находится в этой категории, как и уголь.

В этих случаях оптимальный выпуск продукции может быть определен действуя тем же самым логическим приемом - выбором уровня выпуска продукции, где граничные затраты равны граничному доходу. Только в данном случае доход - это не "постоянная" цена, а скорее граничный доход.

Рассмотрим случай, когда рудник производит 8 000 000 т угля в год при условии контрактов с различными региональными клиентами. В какой-то момент времени клиенты платят немного различные цены за тот же самый уголь, но скоро цены становятся более широко известными, и эти влияния уменьшаются. Даже долгосрочные контракты имеют изменения цен, которые приспосабливаются к рыночным условиям. Средняя отпускная цена для существующего выпуска продукции - \$10/т. Вы можете расширить производство на 1 000 000 т при эксплуатационных расходах (для этого дополнительного угля) \$6/т с небольшим количеством инвестирования. Потратив этот приростный капитал, Вы можете все еще получать требуемый возврат инвестиций при отпускной цене только \$9/т. Вы полагаете, что Вы можете найти дополнительных клиентов, которые купят дополнительные 1 000 000 т за \$9/т.

Этот случай кажется очень простым. Если цена превышает граничные затраты, то прибыль увеличивается с каждым увеличением объема производства. Риск в том, что, если не удастся сохранить в тайне цену (что никогда не будет очень хорошей стратегией, в любом случае) в течение любого отрезка времени или дифференцировать "новый" уголь от "старого" угля, то вся продукция будет оцениваться ниже. Ваши клиенты имеют стимулы сделать это. Например, что может остановить вашего нового клиента от продажи части вашего нового угля одному из ваших старых клиентов за, скажем, \$9.50/т?

В этом примере, цены зависят от объема производства. Продажа небольшого количества угля ниже средней цены, делает более трудным сохранить цену Вашей основной продукции. Возможно, Вы рискуете снижением цен только на 5 %, но эта уменьшенная цена будет отнесена ко всей вашей продукции, если не немедленно, то обязательно в ближайшем будущем. Граничный доход - не \$9/т, а скорее - изменение в полном доходе. Расширение жизнеспособно только тогда, когда граничные затраты равны граничному доходу. Дополнительная продукция имеет эффективную отпускную цену (граничный доход) только \$5.50/т - т.е. цену, по которой расширенное производство не жизнеспособно.

Большинство менеджеров естественно не хотят бросать хорошие деньги после плохого результата, но если существующий проект уже дает убытки, то существующие потери могут быть несоответствующими в решении относительно возрастающего расхода на проект. Иногда существующий проект приводит к низкому доходу из-за узкого места в производстве. Маленькие дополнительные инвестиции, чтобы удалить такие узкие места могут привести к большим граничным доходам.

Всякий раз, когда целью является оптимизация, граничные затраты должны быть в центре внимания. Расчеты оптимального карьера, применяют этот принцип. Начиная с некоторого начального рудного тела, они исследуют расширение его во всех измерениях, чтобы установить, превышают ли граничные доходы от такого расширения граничные затраты на извлечение дополнительной руды и вскрыши. Оптимальный карьер - тот, на границах которого доход равен затратам.

8.4.4. Затраты рудников со многими видами продукции

Многие шахты производят больше чем одно изделие. Большинство медных рудников производят золото и серебро как побочные продукты. Серебро, свинец и цинк обычно производятся вместе, хотя в месторождениях они встречаются в разных пропорциях.

Если горное предприятие производит два или больше изделия, то нет одной средней себестоимости или даже одной граничной себестоимости, потому что нет одной меры выпуска продукции. Однако существуют некоторые концепции затрат, которые аналогичны тем, которые используются при анализе единственного изделия.

Большинство многокомпонентных шахт используют условные (эквивалентные) показатели для объемов продукции с помощью взвешивания по цене изделия. Таким образом, шахты, производящие главным образом серебро, могли бы использовать эквивалентный выпуск свинца, в таком соотношении, в котором находятся цены серебра и свинца. В докомпьютерную эру эти вычисления были широко распространены, т.к. они были полезным эксплуатационным инструментом для горного планирования, основанного на анализе единственного типа руды. В сегодняшних условиях сомнительно, чтобы такой анализ давал результаты, на которые следует тратить усилия. С компьютерами легче рассчитать полный доход (и общие затраты) для каждого блока, чем какие-то псевдо-содержания в руде. В любом случае сначала должен быть рассчитан полный доход для того, чтобы рассчитать одно эквивалентное (псевдо) содержание.

В многокомпонентных шахтах, граничные затраты единственного продукта легко определить. Например, если произведены Q1 тонн свинца и Q2 тонн цинка, то граничные затраты на производство свинца – это дополнительные затраты, понесенные при увеличении от Q1 к Q1 + 1 при сохранении постоянного выпуска цинка (Q2). Однако, такое условие трудно применить практически. Практическое решение, которое должно быть сделано (расширить производство или нет), опирается на граничный доход от дополнительного производства, превышающий граничные затраты. Рудное тело, которое содержит только свинец, может использоваться, чтобы определить эти граничные затраты для свинца, но это не может быть затратами, которые должны использоваться для принятия решений. Самый выгодный способ производить дополнительный свинец может состоять в том, чтобы расширить производство обоих металлов. В этом случае, граничные затраты – это изменение полных затрат, а граничный доход включает доход от продажи дополнительного цинка.

8.5. Исследование программ сокращения затрат [2]

8.5.1. Важность сокращения затрат

Доходность горной компании - функция двух факторов:

- доходность отрасли промышленности или сектора, в котором работает компания, и
- ее относительного конкурентоспособного положения в пределах этого сектора

Фирма может влиять на каждый из этих факторов, прежде всего через выбор своей конкурентоспособной стратегии, которую имеет каждая фирма. Эта стратегия, возможно, была разработана изначально, или она, вероятно, просто появилась в процессе деятельности менеджеров фирмы через какое-то время. В любом случае, стратегия следует за одним из двух основополагающих подходов:

- лидерство затрат или
- дифференцирование продукции.

Стратегия лидерства затрат состоит в том, чтобы стать производителем дешевой продукции. Фирма не должна быть производителем самой дешевой продукции, но должна находиться (чтобы быть успешной) приблизительно в пределах самой низкой квартили. Дешевые производители наслаждаются более высокими уровнями доходности при использовании тех же самых цен, как и их конкуренты. Альтернативно, они могут захотеть увеличить их долю рынка, понижая цены и захватывая по крайней мере часть рынка конкурентов. В этом случае, лидер затрат может поддержать тот же самый уровень доходности, как и конкуренты в расчете на единицу, и в то же время получать доходы за счет увеличения масштаба производства.

Стратегия дифференцирования продукции заключается в изготовлении товара, имеющего превосходящий набор свойств, так что клиенты предпочтительно купят это изделие. Такая фирма может установить более высокие цены, отражающие эти превосходящие качества, или может поддержать те же самые цены, как и его недифференцированные конкуренты, но увеличить свою долю рынка.

Следует ли фирма первой или второй стратегии, но производственные затраты фирмы – основной ключ к успеху стратегии. Лидер по затратам, по определению, должен быть способен работать при более низком уровне затрат чем его конкуренты. Если дифференциатор хочет расширить его долю рынка, используя цены конкурентов, то он должен работать более эффективно, чтобы компенсировать затраты, понесенные для

дополнительной обработки товара, необходимой для получения новых его свойств. Если дифференциатор выбирает более высокий ценовой уровень, то он должен все еще управлять его затратами, чтобы поддержать доходность. Следовательно, не существует ситуации, когда издержки производства могут быть расценены как незначительная деталь.

Многие горные менеджеры подходят к проблеме затрат косвенно, сосредотачиваясь на самом производстве и проблемах производительности. Как обсуждается ниже, это может быть эффективно, но обычно кончается неоптимальным выполнением, а самая низкая возможная себестоимость никогда не достигается.

8.5.2. Методы сокращения затрат

Издержки производства могут управляться несколькими различными способами. Эти подходы отличаются в зависимости от того, кто несет ответственность и отчетность за то, чтобы развивать и осуществлять меры по сокращению себестоимости: менеджеры служб, инженерный штат, контролеры и рабочие, или группы обеспечения типа планирования, снабжения, контроля или бухгалтерии.

Вообще говоря, ответственность и отчетность за сокращение себестоимости может лежать на одной из следующих групп (рис. 8.1):

- *Начальники производства, инженеры и связанный с ними персонал поддержки, который включает особую группу, нацеленную на сокращение затрат:* В этом случае действия по сокращению себестоимости идут сверху вниз, когда они развиты группой, а затем осуществляются рабочими.

- *Весь персонал компании: менеджеры, инженеры и рабочие:* Здесь, действия по сокращению себестоимости идут снизу вверх, где рабочие развивают и осуществляют действия по сокращению себестоимости, в то время как управление и технический персонал обеспечивают информацию, а также организаторскую и техническую поддержку.

Практически, многие фирмы пытаются использовать оба метода одновременно. Действия по сокращению себестоимости могут проводиться как непрерывно, так и периодически. Большинство горных компаний действуют энергично, чтобы уменьшить затраты в течение периодов низких цен на продукцию, и многие расслабляются в течение пиков в ценовом цикле. Фирмы, имеющие наибольший успех в сокращении затрат, как правило избегают этой цикличности — они работают по сокращению себестоимости непрерывно. Выгоды от этого являются двойными. Подобно атлету в тренировке, фирма создает «мускулы» (навыки) в управлении себестоимости. И поэтому, последовательно понижая затраты, она избегает кризисов, которые бывают при высоких затратах в течение периодов снижения цен.

Эпизодические действия по сокращению себестоимости могут быть эффективны в ближайшей перспективе, но следует быть осторожным, чтобы гарантировать, что работа будет нормальной и в течение кризисных периодов. Во многих случаях, затраты не уменьшаются, а просто перемещены на будущие периоды. Поскольку затраты никогда не дрейфуют вниз через какое-то время, будущая себестоимость также будет большой. Например, отсроченное обслуживание оборудования может закончиться более высокими затратами на его обслуживание в будущие периоды.

8.5.3. Традиционные подходы для снижения затрат.

Несколько методов обычно используются в горной промышленности, чтобы уменьшить затраты. Они развивались более чем несколько десятилетий, поскольку фирмам неоднократно приходилось уменьшать их себестоимость. Эти методы имеют тенденцию быть эпизодическими: осуществляемыми в течение периодов низких цен на продукцию и затем (полностью или частично) прекращаемыми, когда цикл цен идет вверх.

- *Максимизация объема производства:* максимизируя объем производства или производительность, полные или общие затраты не уменьшаются, но снижаются затраты на единицу.

Издержки производства ведут себя тремя способами: они являются переменными, постоянными или некоторой комбинацией первых двух. Переменные - увеличиваются или уменьшаются в зависимости от количества произведенной продукции, поэтому они постоянны на уровне стоимости единицы. Затраты материалов, например, являются обычно переменными.

Постоянные затраты не изменяются с количеством работы производства. Следовательно, увеличения в объеме выпуска продукции не изменяют общее постоянных количество затрат, но уменьшают затраты на единицу, потому что общее количество расходов разделено на большее число единиц продукции. Эта

ситуация характерна для прямых трудовых затрат (в ближайшей перспективе), то есть зарплата менеджеров и инженеров, также как и многих типов накладных расходов.

- *Сокращение рабочей силы*: сокращения трудовых ресурсов обычно происходят тремя способами:
 - сокращение временных и контрактных рабочих,
 - сокращение работников, задачи которых связаны с более длинными периодами времени (типа инженеров и планировщиков) и, наконец,
 - сокращение персонала, занятого в ежедневных операциях (механики, операторы, чернорабочие и контролеры).

Для успешного сокращения персонала, объем работы также должен уменьшиться. Если менеджеры были внимательны, не позволяя их организациям стать переукомплектованными, и работники действуют продуктивно, то каждый человек будет выполнять некоторые задачи, которые, по определению, исчезнут после увольнения этого индивидуума.

Неразумно ожидать от оставшихся после сокращения работников, чтобы они продолжали исполнять свою работу плюс дополнительную работу за сокращенных работников. Это особенно верно, потому что, если сокращение производства не управлялось очень тщательно, то производительность оставшихся рабочих вообще уменьшается после сокращения производства.

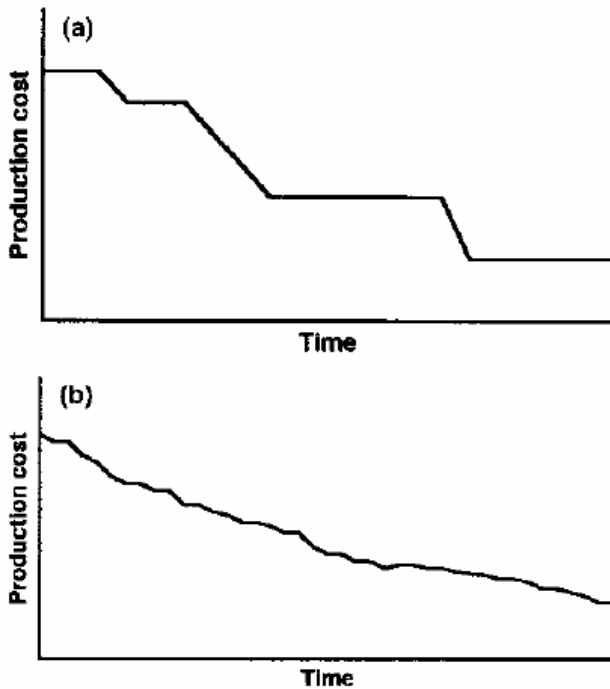
- *Сокращение отдельных статей расходов*:

Такие расходы - часто являются первыми кандидатами на сокращение. Они обычно включают:

- обучение и развитие персонала;
- путешествия;
- подписки и регулярные сборы профессиональных организаций;
- модернизация компьютерных аппаратных средств или программного обеспечения; и
- ежедневные офисные расходы, типа снабжения офиса или междугороднее телефонное обслуживание.

Такие контролируемые затраты сокращаются, потому что часто они кажутся ненужными для длительных стратегий. Поэтому они воспринимаются, как «дополнительные льготы». Для некоторых расходов это, конечно, верно. Однако, другие действия будут иметь большее значение и не должны быть быстро сокращены. Например, обучение служащих должно продолжаться, учитывая воздействие (благоприятное или неблагоприятное), которое индивидуальная работа может оказывать на успехи фирмы.

Рис. 8.1. Методы снижения затрат: (а) сокращение себестоимости, осуществленное управлением и (б) сокращение себестоимости, осуществленное рабочей силой.



- *Сокращения деятельности по обслуживанию (особенно, профилактическое обслуживание):*

В течение кризисных периодов, менеджеры будут стремиться устранять контролируемые расходы. Поскольку много операций по обслуживанию являются профилактическими по природе, то они могут быть также отсрочены. Эта тактика может быть успешна в ближайшей перспективе, но может представить серьезные осложнения, если обслуживание отсрочено слишком надолго. Как широко признано, прекращение профилактической деятельности обходится намного дороже, чем само профилактическое обслуживание. Поломки часто прерывают производство, добавляя вторичные затраты. Некоторые виды профилактического обслуживания представляют собой потенциал для сокращения себестоимости. Например, регулирование точности оборудования используются, чтобы проверить качество вращающихся частей оборудования, типа двигателей и коробок передач.

Лазерные инструменты подгонки могут использоваться, чтобы достичь необходимой точности оборудования. Например, регулировка зазоров уменьшает необходимую мощность двигателей, иногда значительно. Меньшая мощность приводит к экономии электроэнергии.

- *Пересмотр контрактов с поставщиками и клиентами:*

В течение трудных финансовых периодов, поставщиков и клиентов можно попросить принять изменения в ценах или размерах поставок. Например, многих поставщиков недавно попросили уменьшить цены их продукции, чтобы уменьшить потери, понесенные производителями меди и золота.

Другой подход к проблемам поставщиков состоит в том, чтобы просить их по-другому управлять их материальными запасами. Например, их можно попросить создавать материальные запасы на складе рудника вместо того, чтобы продать товары компании прежде, чем эти товары будут складированы. Складской инвентарь тогда будет принадлежать продавцу, и горная компания вернет часть своего оборотного капитала.

- *Использование капитала, чтобы уменьшить эксплуатационные расходы:*

Некоторые эксплуатационные расходы могут быть устранены расходом капитала для покупки нового оборудования, чтобы заменить устаревшие машины. Новое оборудование должно улучшить работу производства или привести к более низким эксплуатационным расходам, что вызовет снижение себестоимости производства. Однако, этот тип инвестиций требует осторожности, т.к. издержки производства должны

уменьшаться, но амортизационные затраты будут увеличиваться. Поскольку амортизационные затраты – безналичные издержки, то они не включаются в наличные затраты, которые менеджеры обычно оценивают.

Эта особенность стандартной процедуры издержек определяется количественно, когда фирмы принимают решения относительно капиталовложений. Чтобы делать правильные решения, используется анализ потоков наличности (включая финансирование и налоговые эффекты), чтобы определить потенциальную выгоду инвестиций.

Почему эти методы обычно используются?

Менеджеры имеют тенденцию использовать те же самые методы сокращения затрат через какое-то время. Это происходит по нескольким причинам:

• *Прошлый успех:*

Когда в прошлом менеджеры встречались с кризисами себестоимости, то они использовали различные методы, которые работали или не работали. Неудачные попытки сокращения себестоимости часто вели к смещению менеджеров или переводу по службе. "Успех" означал сохранение работы. Менеджеры, которые пережили прошлые кризисы успешно, будут иметь тенденцию использовать те же самые методы в аналогичных ситуациях.

Разумно применять методы, успешно осуществленные в прошлых кризисах, к текущим действиям. Однако, здесь необходима осторожность, чтобы не отбросить все другие подходы, которые изменились за это время. Длительное использование неизменных методов значительно уменьшает гибкость менеджеров и организации и их способность капитализировать в новых условиях. Например, теперь доступны новые инструменты, которые не существовали в прошлом, для анализа данных, чтобы понять происходящие события.

Это могут быть автоматизированные диспетчерские системы на карьерах, системы управления процессом профилактического обслуживания оборудования, и т.д. Каждая из этих разработок дает новые возможности для понимания динамики производства и, в свою очередь, дает количественное понимание операторами горной техники характера эксплуатационных расходов.

• *Профессиональная склонность:*

Как было обнаружено, индивидуумы имеют тенденцию уважать те философии и методологии, которые связаны с их профессией, а не деловые действия их руководства. Есть сильная тенденция использовать эти методологии независимо от характера физического противостояния менеджера и организации. Проще говоря, менеджеры имеют тенденцию реализовать методы, которые тесно связаны с их профессией.

Например, менеджер завода будет везде подчеркивать важность металлургических проблем при осуществлении действий по сокращению себестоимости. Это может иметь форму поиска более рентабельных технологий измельчения или реагентов.

Отметьте, что пропущено таким подходом. Сосредотачиваясь на металлургии, менеджер пропустил все потенциальные возможности, которые связаны с организацией производства, покупкой или складированием запасов материалов для завода, инвентаризацией управления, пониманием фактического поведения себестоимости и основных специалистов, и другие многочисленные обстоятельства.

Менеджер может обеспечить 1%-ое металлургическое снижение затрат, тогда как можно было легко достичь 5%-ного снижения за счет организации производства.

• *Проблемы контроля:*

Большинство менеджеров в горной промышленности – прежде всего - управляющие, а процесс управления состоит из:

- планирования и составления бюджета;
- организации работ и укомплектования персоналом; и
- контроля, управления и решения проблем.

Эти задачи создают необходимую последовательность и порядок, которые ведут к цели менеджеров “действовать вовремя и в пределах бюджета.”, т.е. менеджеры вознаграждаются за достижение намеченных целей в рамках их бюджета. В результате этого, менеджеры часто воздействуют на проблему сокращения затрат следующим образом:

- Они определяют, на сколько необходимо снизить затраты и в какой период времени.
- Они формируют план сокращения затрат и определяют, какие ресурсы являются необходимыми. Затем они ставят индивидуальные задачи.

- Они контролируют продолжающиеся затраты и отрицательные воздействия на план, анализируя отклонения (особенно отрицательные отклонения). После обнаружения этого, они планируют и организуют решения. Это может повлечь за собой изменение приоритетов, перераспределение ресурсов (включая персонал), ходатайство об инженерной поддержке и т.д.

Этот подход заставляет менеджеров использовать "доказанные" методы сокращения себестоимости. Это уменьшает риск любой отдельной неудачи, потому что есть некоторый риск, связанный с любым новым подходом.

Кроме того, контролеры менеджеров понимают, что традиционные методы сокращения себестоимости использовались и в прошлом. Поэтому менеджеры, получают большее понимание и поддержку от их контролеров при следовании традиционными подходами. Интересно, что в некоторых отраслях промышленности, это отвращение к риску и новшества в развитии методов снижения затрат считается обязанностью.

Через какое-то время само управление может увеличить затраты. Планы становятся более подробными и более детальными. Осуществляется больше политических действий и процедур, в планах организации появляется больше особенностей и тонкостей.

Контроль усиливается, иногда до такой стадии, что начинается давление на производительные действия. Это, в конечном счете, кончается сверхконтролем; сильные планы и бюджеты убивают индивидуальную инициативу и усилия по введению новшеств.

8.5.4. Возможности, пропущенные традиционным подходом.

Эти традиционные методы пропускают несколько источников потенциального сокращения себестоимости.

- *Вклад большинства работников:*

Традиционно, управляющая группа — начальники производства, контролеры и инженеры — развивают стратегию сокращения себестоимости, которая после этого представляется всем работникам. Рабочие, в свою очередь, должны выполнять намеченные действия.

Такой подход отключает рабочих из программы сокращения себестоимости. Эта группа людей является намного большей, чем технический персонал компании и имеет большее знание индивидуальных возможностей повышения производительности с меньшим количеством затрат. В традиционных программах, эта информация теряется даже в хорошо управляемых организациях командного стиля, когда имеется много возможностей усовершенствования, но происходят задержки между временем, когда рабочий замечает кое-что неправильное и временем, когда он или она получают одобрение для исправления или улучшения ситуации.

Поскольку рабочие видят и отвечают на различные воздействия быстрее, чем менеджеры и инженеры, то они находятся в превосходной позиции, чтобы идентифицировать бесчисленные относительно маленькие возможности улучшения производства. Индивидуально, эти возможности могут быть маленькими, но предпринятые вместе они могут быть существенны, и, возможно, это единственный и самый большой источник уменьшения затрат.

Эта ситуация может быть изображена, как показано на рис. 8.1. График (а) показывает успешное выполнение снижения затрат имеющейся группой управления. Действия имеют тенденцию быть относительно большими по масштабу и малыми по количеству. Из-за этого, существует значительный риск, связанный с любой индивидуальной деятельностью, но выгода от успешного выполнения является большой. График (б) показывает успешное выполнение действий по сокращению себестоимости рабочей силой — много действий, каждое маленькое по масштабу, но кумулятивно они представляют существенное снижение себестоимости.

Это различие указывает на возможности в развитии методов сокращения себестоимости, менеджеры могут использовать и большой, и маленький масштаб одновременно. Фактически, это часто имеется в виду, когда разрабатываются программы сокращения себестоимости. Однако, в большинстве ситуаций вторая возможность терпит неудачу. Это происходит из-за потребности менеджеров управлять программой, как было сказано выше. Организаторское желание планировать каждое сокращение себестоимости и фиксировать его в бюджете или прогнозе уменьшает его важность на месте сокращения себестоимости, где индивидуум идентифицирует каждую возможность и немедленно использует ее в своих интересах.

- *Предотвращение кризисной атмосферы*

Поскольку большинство программ сокращения себестоимости имеют ограниченную продолжительность, то изменения во внешней окружающей среде (обычно, уменьшение цены изделий фирмы), вызывают атмосферу кризиса в компании. Характеристики кризисной атмосферы известны и включают в себя:

- моральные потери, которые приводят к снижению производительности;
- нежелание оставлять удобные методы, чтобы осваивать новые, более опасные;
- потеря лучших служащих, которые чувствуют лучшие возможности в другом месте; и
- напряженность и конфликт в отношениях между организацией и вышестоящей фирмой.

Некоторые фирмы реагируют на кризис, осуществляя определенные программы типа контроля за потерями, или более качественного управления.

Они обычно получают рекомендации от консультационных компаний. Когда кризис пройдет, рекомендации часто забываются, т.к. ресурсы, которые они требуют, переориентируются на прежнее направление. Когда появляется следующий кризис, происходят два события:

- организация снова хочет осуществить антикризисную программу, и
- выбирается новая программа, потому что ее предшественница, будучи фактически уничтоженной, не предотвратила появления второго кризиса.

Эта ситуация обычно характеризуется высоким цинизмом служащих и враждебностью к любой программе.

Важно обратить внимание, что неудача не заложена непосредственно в каких-то программах. Методы типа контроля потерь привели к огромным усовершенствованиям фирм, которые обеспечили им организаторское внимание и поддержку.

8.5.5. Управление культурой сокращения себестоимости

Успешные действия по снижению затрат имеют различные подходы.

Как упомянуто выше, они работают непрерывно, чтобы сформировать общественное мнение вокруг стратегии управления затратами. Это мнение является как коллективным, так и индивидуальным и пронизывает организацию. Менеджеры, контролеры, инженеры и рабочие знают, как они влияют на затраты. Т.к. экспертиза сокращения себестоимости – это компетенция всей организации, то другие фирмы, нанимающие для этого квалифицированных экспертов, часто имеют трудности.

Непрерывное сокращение затрат должно быть частью культуры и приоритетом организации независимо от внешней окружающей среды или ценовых уровней продукции. Это становится обычной задачей, а не эпизодическим случаем, привнесённым кризисом.

Роль лидерства: Практика непрерывного сокращения себестоимости – это составляющая лидерства и культуры, а не управления и дискретных методов. В то время как традиционный менеджер создает план сокращения себестоимости, основанный на прошлых методах с низким риском и затем выполняет его, инициативный менеджер будет следовать другой стратегии. Цель лидера состоит в том, чтобы помочь организации приспособляться к изменениям с помощью следующих действий:

- обоснование направления — создание стратегии, как лучше всего достичь целей организации;
- работа с людьми — тесная взаимосвязь направления и стратегии, чтобы люди понимали и принимали их, а также нахождение индивидуальных ниш, в которых они могут действовать самостоятельно; и
- ставка на инициативных и грамотных людей, которым не будут препятствовать при столкновении компании с трудностями.

Увеличение важности лидерства: Лидерство непосредственно обращается к способности организации быть готовой к изменениям. Важность лидерства возрастает, прежде всего, потому, что изменения встречаются во внешней окружающей среде сейчас намного чаще, чем в прошлом.

Одновременно увеличивается конкурентоспособность. Относительно спокойная окружающая среда закончилась в прошлые десятилетия акцентом на проблеме лидерства. Это не было замечено, или даже упомянуто. Отметим, что это было время, в течение которого многие из сегодняшних старших менеджеров входили в промышленность и получали начальное обучение управлению.

Культура организации: Культура – это манера поведения, с которым индивидуумы ведут себя в организации, улыбаются ли они боссу, нахмурившись, глядят на босса, пассивные ли они получатели команд менеджеров или активно ищут возможности сокращения себестоимости.

Люди в организации берут пример со своих менеджеров, которые по определению являются источниками успехов их фирм.

Культура имеет четыре компонента:

- главные составляющие,
- ценности (верования), которые следуют из этих составляющих,
- установленные нормы поведения и
- примеры проявлений культуры, типа достижимости менеджера или примеры того, какую награду (или наказание) получают после главных успехов (или неудач) .

Продолжение роли управления: Дисциплина управления все еще необходима для организационного успеха. Без управления, организация может быть выстроена в линию, но может быть плохо организована. Будет затрачено много энергии, но не будет никакого контроля, чтобы гарантировать, что все происходит должным образом. Оптимальная комбинация – наличие навыков лидерства, чтобы установить правильное направление и навыков управления, чтобы добраться туда, куда надо.

8.6. Ценность Денег во Времени

Деньги завтра не столь же ценны, как деньги сегодня. Если существует выбор наличия той же самой суммы денег в будущем или прямо сейчас, каждый предпочел бы иметь ее теперь! Деньги, которые обещаны в будущем, могут не материализоваться. Если они доступны сейчас, то набор возможных использований денег настолько широк, насколько возможен. Если деньги не будут получены до некоторого времени в будущем, то набор возможностей ограничивается меньшим поднабором этого первого набора. Максимальная свобода выбора всегда имеет цену, особенно в неопределенных обстоятельствах.

Поэтому, деньги, которые будут получены в будущем, должны включать некоторый страховой взнос, если о них нужно думать, как об эквивалентах сегодняшним деньгам. Будущие потоки наличности (то есть, деньги) должны быть несколько обесценены, чтобы быть сравнимы с потоками наличности сегодня.

Почти каждое экономическое решение в горной промышленности вовлекает потоки наличности (трата и получение денег), встречающиеся в различных пунктах времени. Следовательно, экономические оценки должны включить метод, чтобы приравнять эти ценности денег в некотором заданном пункте времени (обычно, в настоящем времени).

Для простых вычислений, будущие ценности (FV) рассчитываются с помощью текущих ценностей, умножая их на составную процентную ставку. Или, эквивалентно, будущие ценности (ожидаемые потоки наличности) превращаются в эквивалентную существующую ценность (PV), с помощью дисконтирования, то есть, деления на составную процентную ставку.

Для важных вычислений и инвестиционных решений в горной промышленности делается расчет всех потоков наличности для каждого года жизни проекта. Сначала рассчитывается совокупный поток наличности (сумма ожидаемых положительных и отрицательных потоков наличности) для каждого года, а затем эта ценность превращается в существующую ценность с помощью дисконтирования. Применяемая норма дисконтирования обычно больше чем долгосрочная процентная ставка, чтобы компенсировать неопределенность и другие факторы.

Эти моменты уже кратко рассмотрены в главах 2 и 7, но предполагается, что от повторения важнейших истин хуже не бывает, поэтому читатель-экономист может легко пролистать 2 – 3 страницы и перейти к следующему разделу.

8.6.1. Оценка для постоянного момента времени

Простые вычисления для приведения ожидаемых потоков наличности к эквивалентному основанию объединены в две группы:

- как превратить будущую ценность в эквивалентную существующую ценность и наоборот
- как превратить регулярную серию равных ценностей, встречающихся в течение нескольких лет, в эквивалентное единственное количество в настоящем и наоборот

Две функции используются, чтобы связывать существующие ценности с будущими ценностями и наоборот-

- будущая функция (FV) ценности
- существующая функция (PV) ценности

Будущая ценность определяется следующей известной формулой:

$$FV = PV * (1 + i)^n \quad (8.1)$$

где:

FV = будущая ценность

PV = сегодняшняя ценность

i = процентная ставка (для одного периода времени)

n = число периодов времени (лет)

$(1 + i)^n$ = фактор дисконтирования

Ваша компания должна заплатить взнос на восстановление земельных угодий правительству за каждый гектар нарушенной земли. Средства размещены в Фонде, который платит ежегодный процент в 6 % до тех пор пока рекультивация не закончится, после чего они возвращаются. Если Вы нарушаете 40 гектаров земли в этом году, и штраф - 50 000 \$ за гектар, то сколько Вы ожидаете вернуть, если восстановление земель будет закончено через 3 года?

Существующая ценность (денег, выплаченных теперь) $50\,000 \$ * 40 = 2\,000\,000 \$$

Составной фактор $(1 + 0.06)^5 = 1.191$

Будущая ценность $2\,382\,000 \$$

Существующая функция ценности используется, чтобы приравнять будущую оценку к настоящей ценности; это - инверсия будущей функции ценности:

$$PV = FV \left(\frac{1}{1 + i^n} \right) \quad (8.2)$$

Где:

FV = будущая ценность

PV = сегодняшняя ценность

i = процентная ставка (для одного периода времени)

n = число периодов времени (лет)

$[1/(1 + i)^n]$ = фактор дисконтирования

Вы получили предложения от двух изготовителей для закупки нового драглайна. Первое предложение (А) очень выгодное (\$30,000,000), но - от компании, которая требует полной предоплаты при размещении заказа. Второе (В) предложение (\$40,000,000) имеет более высокую цену, но никакая оплата не требуется, пока машина не отработает 3 года. Что является предпочтительным выбором для Вас? Если куплен первый драглайн то, что будет являться эффективным возвратом инвестиций в течение этих 3 лет?

Налогообложение для этого примера игнорируется. Время (n) - 3 года.

Сегодняшняя цена покупки драглайна через 3 года в будущем $40\,000\,000 \$ * 0.6575 = 26\,300\,000 \$$

Таким образом, сегодня драглайн В имеет более низкую стоимость, чем драглайн А.

$\$40,000,000 / \$30,000,000 = 1.3333$

Эффективное возвращение на инвестициях более чем 3 года

Почти все научные или технические калькуляторы теперь оборудованы функциями, способными непосредственно совершать такие вычисления.

Две следующие функции имеют отношение к пересчету регулярного ряда одинаковых ценностей, встречающихся в течение несколько лет, в эквивалентное единственное количество:

- функция восстановления капитала (capital recovery)
- функция фонда погашения (sinking fund)

Эти функции немного более сложны для вычисления, чем функции существующей и будущей ценности, так как они вовлекают серию платежей за несколько периодов времени.

Функция восстановления капитала используется, чтобы разделить какое-то количество существующей ценности равномерно в течение n лет. Она рассчитывает ряд равных ценностей, встречающихся в конце каждого года, для указанного периода времени.

Рассмотрим сначала простой случай. Чтобы заплатить ссуду после 1 года в одном взносе требуется оплата:

$$\text{оплата} = \text{сумма ссуды} \cdot (1 + i)^1$$

Чтобы заплатить ссуду через 2 года двумя равными платежами в конце каждого года требуется ежегодная оплата X , где X определяется из следующего выражения:

$$[\{\text{сумма ссуды} \cdot (1 + i)\} - X] \cdot (1 + i) - X = 0$$

В общем случае фактор восстановления капитала:

$$\frac{i(1+i)^n}{(1+i)^n - 1}$$

Чтобы получить эквивалентную ежегодную стоимость платежей, фактор восстановления капитала надо умножить на начальную общую стоимость займа.

Ожидаемая жизнь экскаватора - 16 лет, после этого рудник закрывается, и его ценность будет нулем. Какие будут ежегодные затраты, включая пособие на возврат капитала, который инвестирован в экскаватор? Если экскаватор работает 6 000 часов в год, то какие будут затраты в час? Налогообложение игнорируется для этого примера

Требуемый возврат капитала (процентная ставка i)	15 %
Стоимость экскаватора	7 000 000 \$
Время (n)	16 лет
Фактор восстановления капитала	
$0.15/[1 - (1/1.15)^{16}] = 0.15/[1 - 0.1069] = 0.1679$	
Эквивалентные ежегодные «затраты» экскаватора в течение 16 лет	
$7,000,000 \cdot 0.1679 = \$1,175,300/\text{год}$	
Часовые затраты $\$1,175,300/6,000 = 195.88$ \$/час	

Так же, как фактор восстановления капитала приравнивает существующую ценность к ряду равных взносов в течение какого-то времени, функция фонда погашения распределяет будущую ценность равномерно во времени. Она используется, чтобы предусмотреть определенный расход накопленных средств в будущем, откладывая равные ежегодные суммы каждый год, начиная с настоящего времени. Самое обычное использование этого вида вычислений - для планирования времени ухода на пенсию. Типичный вопрос мог бы быть: Если Вы хотите выйти на пенсию через 25 лет и накопить за это время 500 000 \$, то сколько денег Вы должны помещать в пенсионный фонд ежегодно?

Функция фонда погашения рассчитывается, используя следующую формулу:

$$\text{фактор погашения} = \frac{i}{(1 + i)^n - 1}$$

Будущая ценность умножается на фактор погашения, чтобы определить эквивалентные ежегодные платежи.

Подрядчик купил новый гидравлический экскаватор для работы в течение 5 лет. Он ожидает, что экскаватор проработает 8 лет, но знает также, что он должен будет сделать капремонт, стоящий 1 000 000 \$, в конце 5-летнего периода. Стоимость ремонта будет включена в цену за работу в виде ежегодных амортизационных платежей, помещаемыми в

амортизационный фонд, 8 % в год. Если экскаватор работает 3 000 часов в год, то сколько должно откладываться в час, чтобы обеспечить затраты на капремонт? Налогообложение игнорируется для этого примера

Амортизационные отчисления	8 %
Стоимость капремонта	1 000 000 \$
Время (<i>n</i>)	5 лет

$$\text{Фактор погашения} = 0.08 / ((1.08)^{**5} - 1) = 0.17$$

$$\text{Ежечасная стоимость} = \$170,456 / 3,000 = 56.82 \text{ \$/час}$$

8.6.2. Анализ дисконтированного потока наличности

Все функции, обсужденные выше, важны для определения ценностей для действий, встречающихся в течение какого-то времени. Однако, их значение ограничено фактом, что они не принимают во внимание эффекты налогообложения, и нуждаются в регулярных и одинаковых потоках наличности. Так как, почти все случаи реальной жизни включают налогообложение, а эксплуатационные расходы и доходы изменяются время от времени, то здесь должен использоваться альтернативный метод оценки. Метод, используемый почти повсеместно во всей горной промышленности и других деловых сферах – метод дисконтированного потока наличности.

Есть большое различие между корпоративными финансами (то есть, решениями в области экономики затрат и инвестиций), к которым главным образом обращаются в этой книге, и финансовым бухгалтерским учетом, который подчеркивает доходы и прибыль. Бухгалтерский учет, как правило, документирует то, что уже случилось. Горная экономика, с другой стороны, стремится к информированным решениям относительно того, что надо сделать в будущем.

Для бухгалтерских целей все расходы обычно распределяются на периоды полезной работы. Для того, чтобы планировать, не существует никакого пропорционального распределения во времени, здесь должно быть принято решение о реальных притоках и оттоках наличности в то время, когда они фактически происходят.

Рассмотрим покупку бульдозера за 600 000 \$, заплаченных сегодня. Полные 600 000 \$ - это немедленный отток наличности. Сумма 600 000 \$ должна быть доступна прежде, чем бульдозер сделает какую-то полезную работу. Однако, используя линейную амортизацию для 6-летней жизни бульдозера, только 100 000 \$ будут считаться расходом в текущем году. Текущая прибыль будет уменьшена только на 100 000 \$. Оставшиеся 500 000 \$ будут рассматриваться, как эксплуатационные расходы, в следующие 5 лет.

Чтобы управлять бизнесом, важным является учет потока наличности без прибыли. Выше было сказано (см. пример), что компания, поставляющая бульдозер, требует полной предоплаты, а не только амортизация, которую бухгалтер относит к затратам этого года производства. Кроме того, капиталовложения всегда производятся перед началом любого производства, тогда как бухгалтера считают затраты (и доходы) только в течение или после завершения какого-то цикла производства.

Анализ потока наличности использует моделирование того, что случается или того, что, как ожидается, может случиться через какое-то время. Это - процесс прогнозирования всех потоков наличности, т.е. - денег, текущих **В** или **ИЗ** банковских счетов компании.

Цель рассмотрения потоков наличности состоит в том, чтобы принимать решения. Дополнительный поток наличности, связанный с инвестированием компании в специфический проект, скажем, в проект (А), сравнивается с потоком наличности, связанным с какой-то альтернативой (В). Хотя этот факт не всегда очевиден, но проект В всегда подразумевается. Проект В может просто означать оставление денег на счете в банке или объявление более высокого дивиденда, или выкуп собственных акций. Предложенный проект рудника с 20 летней жизнью экономически привлекателен или непривлекателен только относительно того, что еще может быть сделано в эти 20 лет. Если поток наличности является общим для обеих вариантов, то он не имеет никакого реального эффекта на принятие решения, а компания интересуется только изменениями в потоке наличных денег компании, которые происходят как прямое последствие принятия такого проекта.

В подготовке таблиц потока наличности есть важные моменты, которые, в общем, соответствуют бухгалтерским принципам. Одно из наиболее важных из них – все расчеты делаются на конец года. Это соглашение (которое принимается по умолчанию) сводит в таблицу все потоки наличности на конец года,

в котором они фактически происходят. Доходы от продажи горной продукции также относятся на конец года, как и эксплуатационные расходы. Машина, которая работает в течение полного года, вызывает эксплуатационные расходы, принятые также на конец этого года. Однако, чтобы машина работала в течение года, за нее нужно заплатить в самом начале года. Поэтому, согласно этому соглашению, капиталовложения происходят в начале года и относятся на конец предыдущего года. Это соглашение поддерживается и в функции восстановления капитала, описанной ранее в этой главе.

Есть и другие соглашения, в частности некоторые компании используют для отдельных своих действий расчеты на середину года. Но для большинства оценок горных проектов, точность расчетов на конец года полностью адекватна как основание для принятия решения и соответствует требованиям, предъявляемым к долгосрочным потокам наличности внутри компании.

Есть множество других соглашений бухгалтерского учета, преимущественно касающихся правил начисления налогов на некоторые типы активов. Эти соглашения частично будут рассмотрены после анализа типичного потока наличности.

Первичный технический инструмент, используемый фирмами во всем мире для оценки инвестиций капитала – анализ дисконтированного потока наличности, традиционное применение которого описано ниже. Принято, что продукция компании продана на существующем конкурентоспособном рынке; далее выполняются следующие шаги:

1. Потоки наличности сводят в таблицу по годам в расчете на все анализируемое время.
2. Оценка делается по вероятным рыночным ценам в течение периода изучения.
3. Объем производства, капитальные и эксплуатационные расходы на всю жизнь проекта оцениваются техническим персоналом.
4. Объем продукции, умноженный на отпускную цену, - источник дохода, обычно, вводится в первые ряды таблицы. Большинство шахт производит только небольшую номенклатуру изделий, так что их количество обычно сводится в таблицу для каждого изделия или группы изделий. Могут быть и другие доходы, хотя они обычно являются маленькими. Другие доходы включают перепродажу или списание оборудования, возврат средств на рекультивацию и т.п.
5. Обычно есть три типа оттока наличности: капиталовложения, эксплуатационные расходы, и налоги. Эксплуатационные расходы обычно подсчитываются отдельно техническим персоналом и вводятся в таблицу вместе с доходом, чтобы определить прибыль.
6. Капиталовложения – это прямые оттоки наличности, введенные в таблицу в годы, когда они происходят.
7. Налоговые отчисления – один из основных составляющих потока наличности. Они описаны более подробно ниже в этой главе. Компоненты потока наличности включают расчет амортизации оборудования для налоговых целей, компенсации за истощения ресурсов, вычисление налогооблагаемой прибыли для государственных и федеральных целей, и самого налога. Некоторые налоги могут или не могут быть учтены в определении налогооблагаемого дохода для других налогов.
8. Чистый поток наличности – это ежегодная сумма всего наличного притока минус весь наличный отток. Это - фактическая чистая сумма денег, которая течет в или из банковского счета компании в данном году.
9. Фирма оценивает (или знает) доход, к которому, вероятно, приведет ее капитал и другие ресурсы, если они помещены в альтернативные проекты, выплачены акционерам, или сохранены в некоторой ликвидной форме. Она устанавливает возможности затрат капитала и доход, который должен быть достигнут или превышен при переходе к любому новому проекту. Потоки наличности затем дисконтируются, чтобы определить чистую сегодняшнюю ценность проекта.

Цель анализа потока наличности состоит в том, чтобы смоделировать все ожидаемые потоки наличности по жизни проекта (и выразить их в существующих терминах ценности) так, чтобы могло быть принято обоснованное решение. Наиболее очевидные потоки наличности:

- Доходы от продажи изделий компании
- Расходы, понесенные при производстве изделий
- Расходы капитала, необходимые для создания производства

Расходы капитала сводятся в таблицу потока наличности за год до их использования. Завод или оборудование должны быть введены в эксплуатацию, прежде чем любое производство будет иметь место. Поэтому, согласно соглашению о конце года, расходы капитала учитываются в конце предшествующего года.

Таблицы потоков наличности должны обычно начинаться с данных производства, приведенных наверху таблицы или около ее вершины; с этих пор почти весь доход и многие из эксплуатационных расходов будут связаны с производством. Доходы (первичный наличный приток) также сводятся в верхней части таблицы.

Эксплуатационные расходы вычитаются из доходов, чтобы получить операционную прибыль. Все эксплуатационные расходы включаются в вычисление потока наличности, даже, если некоторые из затрат связаны с производством следующих лет. Этим они отличаются от бухгалтерского учета эксплуатационных расходов, когда расходы, связанные с производством будущих периодов (например, предварительная вскрыша) относятся к тому периоду, когда они непосредственно влияют на производство.

8.6.3. Оборотный капитал, ликвидационная стоимость и временные характеристики потоков наличности

Большинство капитальных затрат касается фиксированных активов, которые вносят вклад непосредственно в производство: оборудование, здания, и т.п. Начальная закупка (строительство) этих объектов - отток наличности, обычно встречающийся в начале проекта. Эксплуатационные расходы, например, приобретение запасных частей - также отток наличности и должны быть оплачены в то время, когда они используются.

Практически, всегда существуют различия между тем временем, когда затраты понесены (или получены доходы) и временем, когда запчасть используется или производство начинает работать.

Когда запасная часть необходима для добычного оборудования, то обслуживающий штат берет ее со склада. Только после этого склад заказывает новую запчасть, ждет ее поставки и затем оплачивает ее. Для практических целей, операционный расход осуществлен, поскольку запчасть используется, если бы не начальная стоимость покупки начального комплекта запасных частей для склада.

Начальный комплект запасных частей - один из примеров оборотного (рабочего) капитала. В детальном анализе потока наличности, начальное снабжение склада запчастей идентифицировано отдельно, как особая категория оттока капитала. Другие примеры оборотного капитала - обязательства восстановления территории (рекультивация), залоговые, предварительные оплаты (арендная плата за автомобили, билеты авиалиний, и т.д.), и авансы для ссуд служащих.

Самая большая инвестиция в оборотном капитале горной компании - "незавершенное производство" или предварительно выполненные работы (например, предварительное удаление вскрыши). Однако, горный план обычно предусматривает их в графике добычи, так что поток наличности, связанный с ними, уже включен в горные эксплуатационные расходы.

При вычислении потока наличности с оборотным капиталом обращаются по-другому, чем в традиционном бухгалтерском учете. Здесь требуемый поток наличных денег будет включен точно тогда, когда он происходит. Существует прямой отток наличности в начале проекта, когда создается начальный складской инвентарь. Эта "инвестиция" в запасные части обычно не вызывает налоговых последствий, так что она обычно сводится в таблицу потока наличности отдельно. Расходы показываются, как отток наличности для создания начального инвентаря. В конце жизни горного предприятия будет соответствующий приток наличности, когда этим инвентарем распорядятся по назначению.

Традиционные методы бухгалтерского учета часто сообщают об очень больших инвестициях в оборотный капитал, так как цель традиционного бухгалтерского учета состоит в том, чтобы попытаться справедливо представить истинные операционные доходы и затраты, связанные с производством в отчетном году. Если компания делает 2-х летнюю вскрышу за 1 год (с помощью подрядчика, например), то это будет удвоение оттока наличности в течение отчетного периода и будет также представлено в таблице потока наличности. Для целей бухгалтерского учета, только половина операционных расходов классифицировалась бы как истинные операционные расходы, а баланс будет классифицироваться как оборотный капитал (капитальная вскрыша) в счетах компании. Практически, такая категория, как оборотный капитал может часто игнорироваться в вычислениях потока наличности, то есть расход должен просто классифицироваться как эксплуатационные расходы для периода, когда они понесены. Единственное влияние, которое это может оказать на экономику проекта - воздействие на налоги, т.к. этот тип эксплуатационных расходов обычно учитывается налогами в том году, когда они понесены.

Большинство компьютерных программ, которые предназначены для анализа потока наличности, учитывают оборотный капитал точно так же, как обычный инвестиционный капитал, но с процентной ставкой, равной 0 и ценой ликвидации, равной цене закупки.

Ликвидационная стоимость - это ожидаемая цена (после того, как вычтены затраты на продажу) получаемая за данные активы в конце срока их работы. Ликвидационная стоимость – это приток наличности, точно компенсирующий соответствующий расход капитала.

Если ликвидационная стоимость отличается от записанной ранее величины, то может быть необходимо регулирование налогов.

Для налоговых целей, допустимая амортизация для большого экскаватора, первоначально купленного за 2 миллиона \$, может быть 20 %, в течение более чем 5 лет. Чтобы рассчитывать каждый год налоги, компания обесценивает это оборудование по этой норме. В действительности, экскаватор работает 6 лет, и в конце этого времени продается за 100,000 \$. Ликвидационная стоимость 100,000 \$ соответствует притоку наличности, но в связи с тем, что оставшаяся стоимость для налоговых целей была нулевая, то 100,000 \$ дохода от продажи соответствуют налогооблагаемому доходу. Альтернативно, если компания могла бы предвидеть, что она продает оборудование за 100,000 \$, то она могла бы выбрать меньшую норму амортизации так, чтобы в конце его срока работы он стоил точно эту сумму. В этом случае, никакой налоговой ответственности при продаже не было бы.

8.6.4. Выбор времени для анализа потоков наличности

Выбор временных рамок потоков наличности очень важен. Более чем половина всех банкротств может быть отнесена полностью (или в значительной степени) к просчету или неожиданному изменению в выборе времени потоков наличности. Выбор времени наиболее критичен в проектах с большой долей кредитования (например, там, где много оборудования взято в аренду), но одинаково важно и в трех других областях, а именно:

- (1) там, где происходит цикличное изменение цен на продукцию;
- (2) в случаях, когда менее капиталоемкие схемы модернизируются в более капиталоемкие; и
- (3) в процессе развития горных работ.

Эффект от выбора времени инвестиционных стратегий проектов - широкий предмет, который более полно раскрыт позже в этой главе. Для более простых вычислений потока наличности полезно учитывать следующие регуляторы (компенсаторы):

- Продукция не продается на рынке немедленно. В зависимости от сроков выставления счета и продажи, например, должна быть учтена 2-месячная задержка, оставляя в таблице только *10 из 12* месяцев, дающих доход в году производства, с сохранением *2-х месяцев*, дающих доход в следующем году. (Исключением этого мог бы быть бизнес авиакомпаний, где доход от продажи билетов часто получается заранее).
- На большинстве рудников эксплуатационные расходы платятся немедленно. Наибольший пункт эксплуатационных расходов, обычно, рабочая сила, и оплата за нее не может быть отсрочена. Эксплуатационные расходы топлива и электричества могут быть оплачены в 30-дневный или 60-дневный срок, и эти элементы могут, возможно, быть отсрочены и в анализе потока наличности.
- Оплата налогов связана с эффектом времени и, если это является для компании критическим, эта статья должна быть тщательно отрегулирована для правильного указания периода времени в потоке наличности. Многие департаменты налогообложения теперь вводят прогрессивные налоговые платежи в году получения прибыли, оцененные по доходам предшествующих лет. Для краткосрочных наличных потоков (особенно для тех видов коммерческой деятельности, которые растут быстро), учитывать время выплаты налоговых платежей обязательно.

8.6.5. Амортизация, истощение, налоговые кредиты и налогообложение

Самое большое различие между традиционным бухгалтерским учетом и анализом потока наличности происходит в обработке данных по амортизации, истощению минеральных ресурсов, налоговым кредитам и налогообложению. Анализ потока наличности заинтересован только фактическими наличными деньгами, а единственный фактический представитель наличности в предыдущем списке - налог. В отличие от традиционного бухгалтерского учета, остальные пункты появляются в таблицах наличного потока только для того, чтобы помочь рассчитать подлежащий оплате налог.

Амортизация – это деньги, «высасываемые» из оборудования. Бухгалтеры любят думать, что, если использование оборудования обычно длится 6 лет, то после 3 лет оно "должно" стоить половину покупной цены. Это может быть или не быть истинным, и бухгалтерские вычисления ценности не должны заменяться ценностью для принятия решения. В вычислении потока наличности, используемая норма

амортизации должна быть такой, какая определена органами налогообложения. Компании могут использовать различные нормы в их расчетах, если они полагают, что данный метод более правильно отражает истинную ценность оборудования, но этот «беспорядок» не должен попасть в наличный поток. В некоторых странах, горные компании могут самортизировать 100 % ценности добывающего оборудования в начале проекта для налоговых целей. Обычно амортизация рассчитывается, используя прямой линейный метод (капитальные затраты списываются в равных долях в течение их жизни) или снижающимся балансовым методом. В снижающемся методе, амортизация в любом году рассчитывается как фиксированная пропорция списанной суммы ценности в начале года. Некоторые страны позволяют делать изменение в методе амортизации, частично, через определение времени жизни оборудования.

Истощение - это эквивалент амортизации для запасов месторождения. Оно представляет собой уменьшающуюся ценность запасов, которую налоговые власти разрешают компании вернуть как часть налогооблагаемой прибыли. Каждая страна использует различные пособия на истощение в своих правилах налогообложения, и это часто зависит от того, действительно ли страна позволяет возможность вычета из налогов расходов компании на геологоразведку и затрат на приобретение месторождения.

Налоговые кредиты – это льготы, разрешенные налоговыми властями, для указания издержек свыше фактически понесенных расходов.

Затраты на замену старой изоляции новыми материалами, которые являются более эффективными, могли бы быть 500 000 \$. Это - действительный операционный расход. Правительственные стимулы, которые позволяют увеличить расходы до 150% (потому что правительство способствует улучшению сохранения энергии), рассматривают расход 500 000 \$ как "нормальный" плюс налоговый кредит 250 000 \$. Если налоговая ставка, скажем, 30 %, то эффект налогового кредита должен уменьшить налог на 75 000 \$.

Налоговые кредиты используются при вычислении потока наличности только как помощь в вычислении подлежащего оплате налога.

Увеличивающаяся тенденция в некоторых странах - введение "отрицательных" налоговых кредитов, т.е. действительных расходов, для которых правительство не будет позволять полной возможности их вычета из налогооблагаемой прибыли.

Некоторые примеры расходов, которым нельзя позволить полную возможность вычета из налогов - так называемые дополнительные льготы и расходы на развлечения. Кроме того, некоторые выплаты персоналу являются подлежащими вычету как деловой расход только тогда, когда они - меньше чем 1 миллион \$ ежегодно. Различие между фактическим расходом и подлежащим вычету из налогов расходом рассматривают как налоговый кредит (или положительный или отрицательный).

Налогообложение – это сумма денег, которую нужно заплатить правительству, основанная на размере "налогооблагаемой" прибыли. Другие формы налогообложения типа налога с продажи товаров и налога на товары и услуги (GST), налог на добавленную стоимость (VAT), налоги на использование рабочей силы (payroll taxes) и государственные налоги обычно рассматривают как затраты на ведение торговли и продажу продукции. Налогооблагаемая прибыль – это прибыль, определяемая правительством, на основании предварительно обсужденных правил; она может быть или не быть справедливым представлением реальной прибыли по стандартам бухгалтерского учета.

8.6.6. Применение бухгалтерских правил для вычисления потока наличности

В отличие от средств производства, доходы обычно получают, и эксплуатационные расходы обычно оплачиваются в тот же самый период производства, к которому они имеют отношение. Таким образом, есть большое сходство между бухгалтерской обработкой доходов и расходов и расчетом доходов и расходов для потока наличности. Это подобие позволяет использовать для подготовки таблиц потоков наличности уже составленные бухгалтерские счета и ведомости. Для опытных аналитиков, это самый легкий способ рассчитать наличный поток.

Нормальный метод выполнить эту работу состоит в том, чтобы начать с прибыли как она указана в бухгалтерских счетах. Эта чистая (после вычета налогов) прибыль уже учитывает амортизацию, истощение и налоговые кредиты (прежде всего, чтобы вычислить налогооблагаемый доход), так что "реальный" наличный поток остающийся после уплаты налога, должен будет вернуть назад и добавить эти пункты. Это приводит к часто запутывающему понятию, что амортизация является доходом, так же как и расходом. Амортизация – это расход, когда она сначала вычитается, чтобы вычислить налог, и это - доход, когда она позже добавляется назад, чтобы вычислить наличный поток. Подобный беспорядок

возникает с добавлениями к рабочему капиталу, часть которых являются подлежащими вычету для налоговых целей в году, когда расходы понесены, а часть из которых - нет.

Простые наличные потоки, показанные в ранних главах этого текста, требуют огромного количества технической работы. Однако, они нечасто используются. Одна из причина этого - использование в вычислениях данных бухгалтерского учета, которые могут быть легко получены и лучше поняты, используя более простые построения. Амортизация, истощение, и часть других пунктов должны быть выделены из наличного потока и сгруппированы так, чтобы было очевидно, что они приведены в таблице только для целей вычисления подлежащего оплате налога.

8.6.7. Факторы дисконтирования, риск и неопределенность.

Принятие решений с использованием концепции "временная ценность денег" почти целиком вращается вокруг выбора соответствующей нормы дисконтирования. В большинстве горных компаний, норма, которая применяется, находится вне контроля персонала планирования, она определена правлением компании или старшим управлением. Элементы, влияющие на норму дисконтирования (и обычно повышающие ее) следующие:

1. Основная процентная ставка, используемая для инвестиций нулевого риска в стране.
2. Компенсация (то есть, налоговые списания) затрат капитала. Они включают финансирование активов и кредитов.
3. Финансирование кредита, которое будет оценено при рыночном определении риска, после анализа отчета о курсе компании, так же как о правомерности обращения за помощью, который кредитор сделает по отношению к проекту или другим потокам наличных денег компании.
4. Затраты на финансирование активов будут функцией оценки компании фондовой биржей, которая снова будет результатом анализа отчета о курсе компании и количестве долгового финансирования.
5. Затраты капитала зависят от относительного объединения долга и активов. Так как финансирование долга имеет обычно меньшую стоимость, чем финансирование активов, то высокие отношения кредиты:активы может означать более низкие затраты капитала, но более высокий финансовый риск. Простое разделение финансирования между "долгом" и "активами" все более и более стирается. Долг, который является конвертируемым в активы, например, и привилегированные акции, которые определяют приоритеты на распределения прибыли, - только два финансовых инструмента в пределах полного спектра вариантов, доступных корпоративным отделам финансов.
6. Компенсация за финансовый риск. Кредиторы имеют самое прямое отношение к избыточным наличным потокам проекта, и "премия (страховой взнос)" при финансировании затрат будет зависеть от восприятия кредиторами вероятности выплаты ссуды. Даже если финансисты уверены в оплате (закладом некоторой другой собственности компании, например), это поднимает затраты финансов, потому что запрещает компании увеличить затраты капитала в другом месте.
7. Компенсация за технический риск. Геотехнические характеристики могут причинить потери производства или привести к более высоким затратам производства. Ожидаемой руды может не оказаться там, где она предсказана. Норма дисконтирования должна также отражать факт, что компания должна применять (и оставлять некоторую премию) выбранную технология в течение долгого времени и фактически осуществлять получение наличных потоков. Часть технического риска не может быть обращена к партнеру, вкладывающему капитал в горное предприятие, т.к. она полностью касается операционного партнера, а инвесторы, которые являются пассивными участниками предприятия, могут быть способны принять более низкую норму дисконтирования для их инвестиций в этом проекте.
8. Компенсация за факт, что компания более "заперта" в ее инвестициях. Деньги, которые инвестируют в правительственные ценные бумаги, например, могут быть восстановлены немедленно на открытом рынке. Деньги, которые инвестируют в горные проекты не могут быть восстановлены так легко, и трудность в переходе к проекту требует премии (страхового взноса), не применимой ко многим другим инвестициям.
9. Компенсация за факт, что, для компании, чтобы остаться в бизнесе в долгосрочной перспективе, возвращения от этого проекта должны также компенсировать затраты, израсходованные для оценки новых проектов, чтобы потенциально заменить этот проект, когда он закончится. Для проекта не достаточно в конечном счете только компенсации его собственной оценки и затрат на приобретение.
10. Отвергание предыдущих соображений - это проблема ограниченных фондов и ресурсов. Это относится ко всем компаниям. Если ограничение фондов является критическим (которое существует для

всех, кроме наименьших проектов), то норма должна быть, по крайней мере, настолько высока, насколько высоки нормы, доступные для альтернативных инвестиций.

Оценка основного капитала – это функция ожидаемых, будущих доходов (включая оценку вероятности, что они осуществляются) обесцененных (дисконтированных) по норме, которая правильно отражает время и отношение к риску участников проекта.

Низкая норма отражает больше доверия будущему и увеличивает сегодняшнюю ценность всех проектов. При низких нормах, проекты с долговременным возвращением становятся более жизнеспособными относительно проектов с возвращением в более короткие сроки. Однако, низкие процентные ставки (и низкие нормы дисконтирования) не обязательно лучше, чем высокие нормы. Долгосрочная деятельность не обязательно лучше, чем быстро осуществленный проект. Самую высокую награду получают предприятия, изделия и услуги которых наиболее совместимы с требованиями экономики в целом.

Компании при определении нормы дисконтирования обычно желают с большой вероятностью получить некоторое минимальное возвращение, что обычно не происходит. Большинство компаний могло бы быть счастливо, скажем, при 10%-ном возвращении инвестиций, если это возвращение имеет большую гарантию осуществления. И все же, из-за плохой прошлой работы или неспособности правильно определять свои инвестиционные требования, они устанавливают их критерий, скажем, в 20 %. Таким образом, они переходят в экономическую область с особыми типами инвестиций и исключают из рассмотрения другие альтернативы, которые предлагают больший потенциал для достижения цели.

8.6.8. Учет инфляции при оценке горных проектов

В течение 1970-ых и 1980-ых, в большинстве стран западного мира, инфляция обладала уникальным влиянием на принятие решений. Она продолжает обладать сильным влиянием и в 1990-ых во многих других частях мира. Проблема может быть частично облегчена, если полный наличный поток рассчитывается в валюте мира с низкой инфляцией (типа долларов США) - даже если проект расположен в стране третьего мира с небольшой инфляцией.

Эффекты инфляции не должны учитываться, если значащие решения, чтобы быть принятыми, зависят только от делового обсуждения. Суждение, что возвращения 15 % на инвестируемый капитал в 15%-ую инфляционную окружающую среду - не является бизнесом вообще. Деньги могут быть помещены в неинфляционные иностранные валюты или твердые активы, для которых ценность увеличивается с общей нормой инфляции, с меньшим количеством риска и тем же самым эффективным возвращением.

Для простых случаев инфляция игнорируется. Это означает, что, если норма возвращения - 15 % и там действительно 5%-ая инфляция, то дает ли она реальное возвращение - только 10 %? Нет. Анализ дисконтированного потока наличности, который игнорирует инфляцию, фактически предполагает, что доходы и затраты возрастают в том же самом количестве и уравнивают друг друга. Несмотря на сильный акцент на анализе инфляции во многих компаниях, действительность состоит в том, что для большинства вычислений простой, неинфляционный сценарий приводит к весьма удовлетворительным результатам. Точность (так называемая) отрегулированных инфляцией потоков наличности, вероятно, дает меньше различий для результатов, чем много других факторов, которые даже не учитывают в вычислении!

Если инфляцию считают важной, и особенно, если некоторые затраты или доходы изменяются по различным нормам чем другие, то должен быть подготовлен отрегулированный инфляцией дисконтированный наличный поток. Эта форма наличного потока добавляет дополнительные шаги: отпускные цены увеличиваются с учетом нормы инфляции; и затраты, включая затраты на замену капитала, наращиваются также с учетом нормы инфляции. Результирующие наличные потоки в каждом году являются и будущей валютой и инфляционной валютой.

Отрегулированные инфляцией наличные потоки, используя различные нормы подъема для входов и изделений, могут быстро привести к ошибочным результатам, если тщательно не проверяются. При 20-летней жизни проекта, маленькое отличие в закладываемых нормах инфляции может закончиться очень большими относительными ценами в основных предметах потребления. Если относительная цена различных входов (например, ГСМ, рабочая сила, электричество) или горной продукции действительно изменятся в таких больших количествах, то относительная экономика горных работ изменится также. Если в результате учета инфляции заменяется метод добычи, то анализ наличного потока больше не будет действителен.

8.6.9. Критерии анализа дисконтированного потока наличности

Как компания решает, должен ли проект пройти или нет, или лучше ли этот проект чем другой? Два самых обычных критерия базируются на:

- Чистой сегодняшней (существующей) ценности - NPV
- Темпе возвращения инвестиций (или внутренняя норма возвращения - IRR)
- В любом случае, более высокие значения предпочтительны. Если норма дисконтирования для компании - 10 %, а NPV - 100 миллионов \$ после дисконтирования наличного потока по этой норме, то ценность проекта - 100 миллионов \$. На основе этого критерия, альтернативный проект с чистой существующей ценностью (NPV) 120 миллионов \$ был бы лучшим проектом.
 - Альтернативно, норма дисконтирования может быть подобрана так, чтобы наличные оттоки точно соответствовали притокам наличности (в сегодняшних терминах ценности). В этом случае $NPV = 0$. Эту норму называют внутренней нормой возвращения (IRR). На основе этого критерия, проект с внутренней нормой возвращения 19.5 % был бы лучше, чем проект, который имеет 18.5 % IRR.
 - Любой критерий может использоваться; однако, разные методы не всегда приводят к одинаковому ответу. Маленький проект с очень высоким возвращением может иметь более низкую чистую существующую ценность, чем больший проект с более низким возвращением.
 - Трудность в понимании, какой критерий является лучшим, следует из определения того, что собой представляет "проект". Повторим, что выбор будет всегда между одним курсом действия и некоторым другим курсом, который будет оставлен, но сравнение каждого варианта должно охватить все возможные различия между ними. Если компания может позволить себе любой вариант, но не оба и выберет меньший, то, что компания сделает с остающимся и все еще доступным капиталом? Если эти деньги будут оставлены в банке, то возвращение банка от этих фондов должно быть учтено при сравнении меньшего проекта с большим.
 - Практически, даже после детального изучения, характеристики каждой инвестиционной возможности в начале редко понимаются очень хорошо. Только то, что проект имеет возвращение, превышающее стоимость капитала, не подразумевает, что он должен обязательно быть принят, даже если нет никаких доступных лучших проектов. Действительно, стремление к минимальным затратам капитала - очень прямолинейный инструмент для выбора проекта. Заключительное решение не может быть определено количественно, как стандарт, который предлагают дисконтированные процедуры вычисления потоков наличности. Однако, со всеми их неудачами, данная процедура все еще точно характеризует подход, принятый большинством больших организаций во всем мире при совершении этого вида оценки.
 - Стохастические модели и различные инструменты анализа решения (часто являющиеся разновидностями рассмотренного выше метода DCF) используются обычно, чтобы обратиться к специфическим областям проектов, вызывающим беспокойство.

8.6.10. Дисконтированные средние затраты.

Функция восстановления капитала (см. выше), определяет отношения между сегодняшней ценностью, регулярными будущими потоками наличности и учетной ставкой (нормой дисконтирования). Используя эту формулу для любой процентной ставки, можно вычислить постоянную последовательность наличных потоков при любой ценности. Альтернативно, учитывая известную постоянную последовательность наличных потоков, можно получить эквивалентную сегодняшнюю ценность.

Те же самые отношения могут быть рассчитаны, используя таблицу дисконтированного потока наличности. Действительно, с некоторыми исключениями, любой из этих методов может использоваться с двумя доступными или принятыми входами, чтобы вычислить третий:

Для любого(-ой):	Объединенного с:	Можно рассчитать:
Продажной цены товара(поток наличных денег)	Нормой дисконтирования затрат капитала	NPV
Продажной цены товара(поток наличных денег)	$NPV = 0$	Внутреннюю норму возвращения (IRR)
Желаемой нормы возвращения инвестиций (Hurdle rate или ROR)	$NPV = 0$	Продажную цену товара, которая должна быть получена

В отличие от формулы восстановления капитала, которая использует простое алгебраическое выражение, таблица дисконтированного потока наличности приводит к этим результатам только после ряда проб и ошибок или после некоторой повторяющейся процедуры. (Вычисление NPV дает единственный результат. Однако, в некоторых случаях может быть больше чем одна норма возвращения, которая

приводит к $NPV = 0$.) Однако, большинство электронных таблиц позволяет успешно применять эти процедуры, а альтернативные способы представления результатов приводят к ценной информации для принятия решения. Это касается третьей упомянутой выше задачи - определения продажной цены изделий компании.

Стандартный метод DCF начинается с ввода в таблицу ожидаемой отпускной цены. Но что, если нет никакой рыночной цены? Например, в случае заключения долгосрочного контракта на поставку угля электростанции, когда клиент требует, чтобы претендент назначил цену.

В этом случае, "рыночная" цена – это цена, которую вероятно предложит наиболее дешевый конкурент,— оценка, полученная анализом наличного потока. Альтернативно, компания, готовящая предложение, могла бы назначить такую цену, при которой, если ее предложение будет принято, то это приведет все еще к приемлемым возвратам на инвестициях. Подобная ситуация существует для тех видов коммерческой деятельности, которые предлагают новые изделия, еще не доступные на рынке.

Большинство решений об инвестициях капитала в горное дело не будет связано с фактически продаваемыми на рынке изделиями. Если фирма сравнивает две альтернативы рекультивации, то обычно обе альтернативы производят ту же самую продукцию (акры возвращенной земли), которую фирма не продает и которая не вызывает никаких изменений в продукции рудника. И все же фирма еще хочет гарантировать, что ее инвестиции в оборудование приведут к соответствующему возвращению и что "затраты" на восстановление отражают это возвращение. Для этого вида расчетов метод DCF также использует принятую цену или внутреннюю цену.

Внутренние цены определяются вычислением дисконтированных средних затрат, которые представляют собой цену единицы производства, которую Вы должны были бы заплатить кому-то еще, с теми же самыми инвестиционными критериями как Ваши, чтобы организовать и выполнить это производство.

Для принятия экономического решения, внутренняя оценка (internal pricing) находит самое важное применение при калькуляции основных затрат. В отличие от традиционного бухгалтерского учета, который имеет трудности в распределении капитала среди различных подразделений рудника, вычисление дисконтированных средних затрат делается легко. Оно также включает налоги в полученные затраты производства. Можно подразделить горное производство на любое множество подвидов коммерческой деятельности и распределить капитал для каждого, а затем рассчитать внутренние цены за производство в каждом подразделении.

Вычисление внутренних цен начинается с инвестиций и запланированной структуры эксплуатационных расходов, связанной с деятельностью данного подразделения. Далее определяют, какая отпускная цена на единицу продукции приводит к требуемому полному возвращению. Внутренняя цена (отпускная цена) или дисконтированные средние затраты производства применяется к продукции подразделения. Продукция индивидуальных подразделений не может иметь никакого отношения к изделиям фирмы в целом.

Дисконтированные средние затраты - цена единицы производства, должны включать ставки налогообложения, связанные с операционной "прибылью" и амортизацией. Вычисление дисконтированных средних затрат - мощный инструмент для того, чтобы сравнить альтернативы с различными характеристиками капитальных и эксплуатационных расходов и для того, чтобы сравнить "внутренние" цены (стоимость производства) с выходными альтернативными ценами.

Полный наличный поток устанавливает средний ожидаемый доход проекта по всем инвестициям и рыночную рекомендацию для индивидуальных действий. Для целей составления бюджета, каждая структура горной компании должна также достигнуть этого возвращения, основанного на его "продукции", проданной внутри фирмы. Таким образом, капитальные и эксплуатационные расходы, чтобы оплатить БВР на вскрыше, определяют дисконтированные средние затраты "производства" испорченной поверхности. Этот "купленный" вход, плюс распределенные туда капитальные и эксплуатационные расходы, приложенные к следующей стадии, определяют дисконтированные средние затраты производства для этой деятельности, и так далее. С помощью последовательного пропорционального распределения, оценка «продукции» цепи производства будет совместима со средними ожидаемыми доходами по всем инвестициям от потока наличности рудника.

Составление пооперационного бюджета на основе этой модели позволяет практикам, работающим в пределах их узких областей экспертизы сконцентрироваться на эффективности, определяемой их собственными правилами, но связанной и ограниченной согласно требуемому возвращению на инвестициях для всего рудника.

8.7. Планирование геологоразведочных работ

Насколько хорошо должно быть разведано месторождение перед началом добычных работ? Могут ли потенциальные запасы в недрах использоваться, чтобы оправдать расходы на разведку? Если оконтуренные запасы (в потенциальном руднике) явно неэкономичны, то могут ли они стоить хоть что-нибудь?

Эти вопросы, важные в экономической оценке минеральных месторождений, являются логически разрешимыми теми же самыми экономическими инструментами, которые используются для оценки жизнеспособности рудников и для того, чтобы принимать производственные решения. Эта глава демонстрирует, что даже неуверенная (сомнительная) экономика обнаружения и доказательства существования минеральных ресурсов не более ограничена чем явно механические аспекты принятия решения о добыче.

По аналогии с другими аспектами горной экономики, экономическая оценка минеральных месторождений подчинена влиянию двух мощных факторов: временной ценности денег и экономике информации. Второй из них — прирост ценности от получения новой информации после дополнительных геологоразведочных работ, что является главным центром внимания в этой главе.

Одна из целей процедуры оценки горных проектов состоит в том, чтобы максимизировать значение любого геологического исследования и оцениваемого бюджета. Эта цель частично достигается минимизацией расходов в областях, которые являются явно неэкономическими, особенно если они легко и рано идентифицированы в процессе. Согласно этой процедуре, экономическая оценка минеральных месторождений начинается прежде, чем первая буровая скважина уйдет в землю, и продолжается до закрытия рудника.

Данные всегда несовершенны, и ответы всегда подвержены неуверенности. Каждая оценка не может сделать лучше, чем использовать доступные данные, часто неточные; недостаток информации - недостаточная причина, чтобы задержать экономическую оценку. Каждая оценка приводит к двум результатам:

- оценке ожидаемой ценности (возвращения на инвестициях, затраты производства и т.д.),
- оценке надежности результатов.

Ожидаемые ценности, так же как оцененная надежность этих ценностей, определяют потребность в более детальной оценке. Решения относительно расходов на получение дополнительной информации сами по себе являются внутренними в процессе оценки.

Конечная цель разведочного бурения состоит в том, чтобы обосновать суждения о выгоды добычи. Стартовая точка — до геологоразведки необходимо определить характеристики некоторой цели, обосновывающей суждение о добыче. Ограничивающее условие — необходимо предположить лучшее месторождение, на которое можно надеяться в данной ситуации, и исследовать его экономику. Если "лучшее" месторождение все же неэкономично, то маловероятно, что меньшие будут лучше.

Экономическая оценка предполагаемого месторождения - важная директива для разведки. Это помогает, как минимум, устанавливать начальные приоритеты разведки между, скажем, более низким содержанием неглубоко залегающей руды и более высоким содержанием глубоко залегающей руды. Это также устанавливает приоритеты между увеличением запасов, которые позволяют увеличить мощность рудника, и запасами, которые увеличивают срок его жизни.

Если "лучшее" месторождение не жизнеспособно, это не подразумевает, что разведка не должна продолжаться, но это, тем не менее, подразумевает, что она должна быть оправдана некоторыми другими основаниями, кроме быстрого начала горных работ.

Как только технические характеристики рудного тела становятся понятными, должна быть выполнена его экономическая оценка. Если эта первая оценка ничего не гарантирует, то признается, что бюджет на геологоразведку продуктивно потрачен. Эта первая часть оценки стратегической стадии планирования должна быть начата как можно скорее в рамках стадии геологоразведки и, конечно, до начала любого детального планирования. Логика для этой ранней оценки ограничена тремя шагами:

1. Для детального планирования (одобрения проекта), подробное геологическое исследование обычно гарантируется только для первых нескольких лет работы рудника.
2. Части месторождения, которые обрабатываются в течение первых нескольких лет жизни рудника, определяются очень приблизительно до тех пор, пока не будет закончена стратегическая стадия планирования. Пока это не произошло, направление горных работ, стратегия развития, календарь проекта и много других вероятных ограничений остаются плохо понятными.
3. Обычно слишком дорого досконально обустроить все возможные районы начала горных работ или

предсказать все вероятные ограничения. Даже если стоимость разведки является маленькой по сравнению с ценностью месторождения, то ограничения и пределы, которые связаны с одним методом, могут быть незначительны для других методов или взаимно исключать друг друга. По крайней мере, большие усилия будут потрачены впустую. Детальная разведка не может быть начата, пока стратегическое планирование не определит эти руководящие принципы.

Поэтому начальная экономическая оценка минерального месторождения предпринимается в пункте, когда месторождение понято только в общем. Цель состоит не в том, чтобы составить специфический горный план (хотя подготовка или попытка подготовки плана – часто, самый удобный способ выполнить такую оценку). Цель состоит в том, чтобы определить экономику вероятного горного плана, предполагая, что такой план выполним. Будущая работа оценки тогда будет направлена на доказательство компонентов, необходимых, чтобы гарантировать эту выполнимость.

8.7.1. Неразрабатываемые месторождения

Оценка неразработанных месторождений - важная часть спектра экономической оценки, как одной из самых критических и чувствительных действий и достоинств разведочных и добывающих компаний. Большинство согласны в том, как эти виды оценок должны выполняться (то есть, на основе сегодняшней ценности будущих потоков наличности), но все же огромные различия в оценке могут обычно наблюдаться. Причины для этого обычно легко объяснимы и являются результатом различий в оценках в трех областях:

1. Использование средних значений. "Средняя" оценка (за унцию золота в земле, например) включает некоторые запасы, которые будут добыты в следующем году и другие, которые не будут добыты в течение следующих 20 лет. В современных экономических условиях, это - сильно отличающиеся запасы.

2. Степень достоверности. Запасы стоят (сегодняшняя ценность) различно в зависимости от затрат производства и отпускной цены. Может быть большая изменчивость и неуверенность в отпускной цене и в стоимости производства. Если все другие факторы равны, то большая неуверенность означает более низкую ценность запасов.

3. Выбор времени. Запасы стоят больше, если они использованы в производстве скорее. Их ценность – также зависит от воздействия, которое дополнительное производство имеет на затраты или доходность в другом месте.

Все оценки ценности запасов в земле начинаются с оценки различия между вероятными производственными затратами (включая капитальные затраты) для любой долгосрочной оценки и вероятной отпускной цены. Это различие представляет вероятные будущие потоки наличности, чтобы возместить стоимость разведки и/или приобретения запасов. Существующая ценность вероятных будущих потоков наличности рассчитывается, дисконтированием возможных затрат капитала компании. Общепринято, что оценки запасов обычно делаются в виде долларовой ценности единицы запасов в недрах.

Если предположить три гипотетических месторождения с запасами, которых хватает на 3, 4, или 5 лет. В каждом случае производительность равна 1 миллион т, отпускная цена - \$20/т, и общие затраты производства (включая затраты капитала) - \$8/т. Если бы временная ценность денег не была учтена, то все запасы были бы оценены в \$12/т руды в недрах. Хотя все три случая имеют идентичные затраты производства, но все же существуют важные различия для оценки запасов:

1. Запасы, которые могут быть отработаны скорее, стоят больше в расчете на единицу. Запасы с 3 летней жизнью оцениваются в \$9.13/т, тогда как запасы с 5 летней жизнью рудника оценены только в \$8.05/т в среднем.

2. Расширение запасов, которые продляют жизнь рудника, не также ценно как расширение запасов, которое позволяет увеличить мощность производства для той же самой жизни рудника. Так 25%-ое увеличение в запасах от случая с 4 летней жизнью рудника до случая с 5-ю годами имеет граничную ценность \$5.97/т. Если то же самое расширение запасов позволило бы увеличить производительность в 4 году, вместо добычи их в дополнительный год производства, то (даже если бы затраты производства были неизменны) оценка запасов была бы на 43 % больше (\$8.56/т).

Этот тривиальный пример не подходит для применения в реальной жизни, на которую влияет неопределенность в определении запасов, надежность или ненадежность в оценке затрат производства, отпускной цены и сумм налогов. Авторы решения будут иметь прогнозы ожидаемых затрат обнаружения запасов и ожидаемых затрат производства. Однако, цели разведки будут определены на основании вероятности того, что ценность новых запасов превысит затраты на обнаружение их. Решения в условиях неопределенности делаются под воздействием несколько отличающихся критериев, чем критерии, используемые для решений, которые не учитывают никакой неопределенности.

Если рынок имеет низкую достоверность технологии, используемой для отработки месторождения (т.е. – о связанных с ней затратах), то это приводит к очень небольшой ценности увеличения запасов. Существующая ценность 20 летних запасов при низких уровнях достоверности намного ниже, чем ценность 10 летних запасов при высоких уровнях достоверности. В этой ситуации, оценки, базируемые на запасах в земле менее надежны, чем оценки, которые базируются на точных оценках затрат производства. Для владельцев этого типа неразработанных ресурсов, центр внимания должен быть направлен на улучшение технологии производства, а не на расширение запасов.

Даже при высоких издержках производства, если есть доверие к технологии, то запасы в земле считаются очень ценными, если они могут быть отработаны быстро.

Во многих горных публикациях долгое время существовала тенденция, чтобы рассматривать запасы как технический термин, независимый от экономики. Это становится понятно, зная историю богатых месторождений, для которых оценки запасов были намного менее чувствительны к экономике. В то же самое время, установленный порядок объявлений о запасах для вновь открытых залежей – это возможно самая главная причина для последующей их оценки— заинтересован только в физических количествах содержащихся в них полезных компонентов, а не в экономических характеристиках месторождений. В будущем, экономика определения запасов будет намного более жизненной. Кроме очевидной отпускной цены и предположений о затратах производства, критические факторы в оценке запасов (и оправдание дополнительной разведки) включают понимание важности производительности производства, вероятной ее изменчивости, достоверности затрат производства, и временном характере потоков наличности.

Предположите, например, любой блок запасов, формирующий часть действующего рудника. Новое или расширенное рудное тело в подземном руднике будет требовать дополнительного вскрытия и подготовки, для которого затраты являются независимыми от количества запасов в блоке. Точно так же в карьерах имеют место затраты на вскрытие и подготовку. Для налоговых целей эти затраты - эксплуатационные расходы. Многие компании также классифицируют их во внутренних счетах как эксплуатационные расходы! но они, однако, являются затратами "фиксированного" характера, независимого от запасов, годных для использования после вскрытия и подготовки данного блока. Решение отработать этот блок запасов и израсходовать эти постоянные затраты - функция количества ожидаемых запасов в блоке.

8.7.2. Начальные предпосылки

Как только месторождение было идентифицировано, по нему могут быть сделаны начальные экономические оценки. Методы таких оценок были разработаны для различных типов месторождений; однако, первичные экономические цели оказались подобны. Три метода, используемые как отправные точки для этого - анализ бортового содержания, оптимизация карьера и ранжирование затрат:

1. Анализ бортового содержания используется в шахтах, где границы руды определены, прежде всего, в соответствии с экономическими критериями, например, медно-порфировые месторождения, полиметаллические рудные тела, большинство подземных рудников.

2. Оптимизация карьеров используется для большинства карьеров твердых пород.

3. Ранжирование затрат используется для неглубоких поверхностных горных предприятий в пластовых месторождениях, например, уголь, минеральные пески, фосфаты, нефтяной сланец и т.д.

Эти три метода описаны в следующих подразделах. Они имеют дело прежде всего с граничными горными затратами — дополнительными возвращениями от дополнительной руды раз рудник расширен в стороны или на глубину. Капитальные затраты и затраты, общие для всей операции (например, административные и затраты маркетинга), обычно исключаются. Воздействие этих затрат будет обсуждено позже в этой главе.

Бортовое содержание - ключевой экономический критерий, управляющий стратегией для развития большинства подземных рудников, добывающих твердые полезные ископаемые и шахт, где содержание в рудном теле изменяется постепенно с расстоянием. Бортовые содержания - чрезвычайно полезные руководящие принципы для краткосрочных действий производства. Как только происходит серьезное уменьшение содержания по сравнению с основной (с более высокими содержаниями) рудой, то бортовое содержание определяет, будет ли «следующий» блок материала, который будет добыт (или глубже или со стороны) классифицирован как руда, или как порода (или кое-что еще).

Для материала, который классифицируется как руда, должно существовать минимальное дополнительное возвращение от дополнительного усилия (отработать, переработать, продать его и т.д.), которое должно превысить дополнительные понесенные затраты. Средние затраты не имеют к этому никакого отношения.

Однако, трудно легко определить, что составляет дополнительные затраты. Дополнительные затраты - также функция времени, по которой сделана оценка.

Если рудник, завод, и все последующие звенья цикла равномерно участвуют в производстве, то в долгосрочной перспективе, изменения бортового содержания должно быть достаточно, чтобы покрыть дополнительные капитальные затраты на добываемое оборудование и расширение завода для переработки дополнительного материала, так же как и все дополнительные эксплуатационные расходы.

С другой стороны, если одна секция рудника осваивает новую технологию в течение, скажем, 3 месяцев, и все предприятие внезапно ограничило выпуск продукции, то дополнительные затраты в этом случае отличаются от тех, чем они были бы в долгосрочном случае. В течении этого периода, горной компании, возможно, придется поддержать всю рабочую силу на руднике и заводе, и поэтому, возможно, придется также нести 100 % расход других "операционных" затрат (например, за электричество). Понижение бортового содержания для все еще активной части рудника кончится тем, что часть материала, предварительно классифицируемого как порода, теперь будет классифицироваться как руда. Это жизнеспособно до границ вместимости завода, если дополнительный доход после переработки дополнительного материала превышает реальные дополнительные затраты на заводе, т.е. превышает затраты, превышающие те, которые были бы так или иначе.

В предыдущем примере, рудник может нести потерю в течение периода, когда перерабатывается низкосортная руда, но это вызовет большие потери, если эта руда не переработана и послана в отвал.

Ясно, что правильное определение борта является критическим в начале проекта, так как он определяет полную экономику. Граничные затраты в начале проекта включают практически все. Как только проект находится в действии, борт, все еще определенный граничной экономикой, исключает многие из сегодняшних фиксированных затрат. Если долгосрочный выбор борта был сделан правильно, то производственные затраты будут возвращены отпускной ценой изделия. Это все же не подразумевает, что рудник будет прибыльным. Корректировка краткосрочных бортов подразумевает только то, что рудник настолько же выгоден, насколько это может быть. Оптимальным бортом может быть только лучший из нескольких отвергнутых альтернатив.

Ранжирование затрат - ключевой экономической инструмент для того, чтобы оценить запасы и управлять стратегией для развития большинства неглубоких угольных шахт и разрезов. Поскольку продвижение шахт в глубину приводит к изменению затрат, то ранжирование их определяет, является ли "следующий" блок материала, который будет добыт (или глубже или со стороны):

- (1) классифицируем как руда или порода (или кое-что еще),
- (2) рассмотрен экономическим или не экономическим, и
- (3) включен в или исключен из горного плана.

Для так называемой руды (в техническом смысле), чтобы быть включенной в план как экономической, минимальное дополнительное возвращение от дополнительного усилия должно превысить дополнительные понесенные затраты. Средние затраты не имеют к этому никакого отношения. Как и с оценкой бортового содержания, временные рамки, по которым сделана оценка, влияют на решение.

Ясно, что правильное определение границ экономически жизнеспособной руды является критическим в начале проекта, так как это определяет полную экономику проекта и его полную доходность. Граничные затраты в начале проекта включают примерно все. Как только проект находится в действии, граничная экономика будет исключать многие из текущих фиксированных затрат.

Оптимизация карьера - ключевой экономической инструмент для того, чтобы оценить запасы и управлять стратегией для развития большинства карьеров по добыче твердых пород. Поскольку горные работы становятся более глубокими, а содержания и другие характеристики рудного тела изменяются, то метод оптимизации карьера определяет, является ли "следующий" блок материала, который будет добыт (глубже или со стороны):

- (1) классифицируемым как руда или как порода (или как-то еще),
- (2) рассмотренным экономическим или не экономическим, и
- (3) включенным в или исключенным из плана карьера.

Раз материал будет включен в план как экономической, то минимум дополнительного возвращения от дополнительных усилий (чтобы удалить дополнительную вскрышу выше него, добыть, переработать его и т.д.) должен превысить дополнительные понесенные затраты. Средние затраты не имеют к этому никакого отношения.

Инструменты для оптимизации карьера традиционно использовались, прежде всего, для долгосрочного планирования. При более коротком сроке плана обычно используются экономические сравнения, сделанные с помощью метода бортовых содержаний. Для долгосрочного проекта, оптимизация карьера гарантирует, что, когда компания решает прекратить добычу в одном специфическом направлении, то относительная экономика руды на границе будет та же самая, что и относительная экономика в пределах горных работ на любой другой границе.

Различные алгоритмы были написаны, чтобы вычислить оптимальный карьер для данного рудного тела. Из этих методов, наиболее широко используется метод Lerchs-Grossman (LG). Метод импортирует блочную модель месторождения и рассчитывает, какие блоки должны быть добыты, чтобы получить максимальную долларовую ценность карьера. Этот набор блоков будет определять оптимальный контур карьера. Метод особенно подходит для массивных, рассеянных месторождений типа низкосодержащих медно-порфировых залежей или месторождений со многими связанными или несвязанными рудными зонами. Более простые рудные тела могут быть также оценены этим методом, но здесь также могут использоваться менее сложные методы. Два типа информации требуются для вычисления оптимального карьера.

1. Для каждого блока в модели, пользователь метода LG должен знать какие блоки в относительном смысле должны быть удалены, чтобы позволить добыть тот или иной блок. Обычно рассматриваемые при этом блоки - функция допустимого угла наклона борта карьера, но могут также быть применены и другие ограничения. Больше чем один угол наклона борта карьера может быть допустим в зависимости от того, находится ли блок в лежачем или висячем боку, и будет ли в этом месте автодорога. Перевернутый конус допустимых блоков, возможно также должен быть проверен на соблюдение минимальной ширины рабочего пространства.

2. Затем экономические факторы определяют положительную (генератор дохода) или отрицательную оценку блока. Эти экономические факторы включают все затраты, доход и извлечение.

После этого алгоритм LG будет производить расчет оптимального карьера для данных ограничений.

Чтобы отразить более четко факторы "временной ценности денег", некоторые программы используют анализ чувствительности, чтобы произвести семейство оптимальных карьеров для заданных диапазонов затрат и доходов. Для оптимального карьера каждого сценария может быть создан график потока наличности. Могут быть учтены многие методы переработки руды и многокомпонентные руды.

Подробно оптимизация карьеров рассмотрена в главе 7.

8.7.3. Стратегии капитальных вложений и последующего развития

Каждый из трех методов: бортовых содержаний, ранжирования затрат и оптимизации карьера приводит к созданию плана, который максимизирует ценность ресурсов в пределах некоторых ограничений. Однако, нет ничего, чтобы гарантировать, что эта максимальная ценность действительно реальна. Рудник не должен быть обязательно прибыльным для того, чтобы предпринять на нем эти виды исследований.

Существуют, по крайней мере, три важных проблемы, которые недооценивают:

1. Происхождение затрат. Используемые методы в значительной степени заинтересованы в эксплуатационных расходах. Дополнительные затраты на добычу дополнительной руды – это обычно эксплуатационные расходы. Начальное применение любых методов требует, чтобы пользователь принял некоторую концепцию таких затрат. Однако, эксплуатационные расходы - функция оборудования и используемых методов, а оборудование и используемые методы - функция производства, а производство - функция запасов. Практически, оборудование, подходящее для многих месторождений может быть весьма уверенно определено заранее, но все же это не решает все проблемы. Перевозка руды грузовиком подрядчика подразумевает, что его полные затраты – это эксплуатационные расходы (они включают затраты на возмещение капитала подрядчика), но перевозка собственным грузовиком имеет более низкие эксплуатационные расходы, потому что они исключают компоненты затрат капитала.

2. Учет фиксированных затрат. Используемые методы включают в "руду" все, что дает положительный вклад в оценку проекта, но они основаны на неявном предположении, что рудник уже работает. Если дополнительные полученные доходы (от расширения границ горных работ) превышают дополнительные затраты, то блок должен быть включен. И все же нет никакого критерия, достаточен ли излишек (активное сальдо), чтобы компенсировать фиксированные затраты или даже увеличение установленных затрат. Также, нет никакого индикатора возможности более высоких возвратов из альтернативных схем, которые могли бы оправдать еще более высокие фиксированные затраты.

3. Последовательность извлечения. Методы планируют добычу экономически жизнеспособной руды, но они обычно не указывают оптимальной последовательности извлечения этой руды. Горный план, сосредоточенный на добыче рудах более высокого качества в начале жизни рудника может привести к более высокой чистой сегодняшней ценности, даже если это означает уменьшение жизнеспособности для руды более низкого качества.

Доступ к 10-ти дополнительным панелям мог бы требовать дополнительного удлинения съезда, стоимость которого нельзя перенести на любую одну панель. Распределение одной десятой дополнительной длины съезда на каждую из панелей является некорректным (исключая расчеты после отработки запасов), потому что съезд должен быть пройден прежде, чем первая панель будет добыта. Как только съезд будет построен, то другие блоки будут жизнеспособны, даже если они неспособны взять на себя пропорциональные затраты на удлинение съезда.

В горном плане с тысячами потенциальных блоков для добычи, оценка капитальных и эксплуатационных расходов и оптимальной стратегии развития - не тривиальный процесс. Для практических целей, это обычно продлевается в два этапа:

1. Устанавливают максимальную и минимальную производительность производства и затраты капитала, которые применяются к известной (если предприятие существует) или к проектируемой структуре затрат. Например, рудник, который требует строительства новой железной дороги или порта, вряд ли, будет жизнеспособным при низкой производительности.

2. В пределах только что упомянутых ограничений устанавливают ключевые ограничения, имеющие существенное влияние на развитие рудника и его экономику. Это обычно сильно уменьшает дальнейшие возможные выборы. Для примера, мощное электрическое оборудование может быть неосуществимо на отдаленном руднике без связи с ЛЭП.

Каждый потенциальный метод добычи имеет различные максимумы и минимумы и для инвестиций капитала, и для производства. Месторождение нужно разработать «на бумаге» много раз, поскольку есть различные горные методы и технологии, которые надо применить, чтобы выбрать оптимальный вариант.

Даже для фиксированных горных методов, различные производительности производства могут подразумевать различные размеры оборудования, с существенными изменениями в затратах.

Большинство шахт, запланированных с более высокой производительностью, также показывают и более низкие затраты. Но функция затраты/производительность - редко гладкая кривая. Могут быть приращения производства, которые являются настолько важными в экономических терминах, что рудник должен быть логически развит с учетом этих приращений.

Предположим, что существующая железная дорога имеет максимальную пропускную способность 500 000 т/год. За пределами этого должна будет построена новая железная дорога. Поскольку любая новая железная дорога имеет высокие фиксированные затраты, то "следующий шаг" потребовал бы пропускной способности по крайней мере 5 миллионов т/год, чтобы быть жизнеспособным вариантом.

Практически, диапазон доступных вариантов обычно уменьшается до разумного числа приращений. Наиболее крупные горные компании – весьма капиталоемкие, поэтому важным становится наиболее полное использование дорогостоящего оборудования. Это не означает, однако, что, если капитал не может полностью использоваться, то рудник будет неэкономичным.

На такой ранней стадии оценки горного проекта, требования инвестиций капитала трудно оценить. Однако, как только эксплуатационные расходы каждого блока руды и вскрыши известны, то может быть определено максимальное количество капитала, который рудник поддержит.

Большинство капитала бывает израсходовано в начале работы рудника, и самое высокое возвращение на этом капитале достигается горным планом, в котором самые большие потоки наличности будут как можно раньше. Предполагая, что это выполнено, самое большое возвращение на инвестициях будет достигнуто, если блоки с самыми низкими затратами будут добыты сначала, а блоки с более высокими затратами - позже в жизни рудника. Идеально, если блок, который будет добыт последним, был бы таким, для которого эксплуатационные расходы были бы только слегка ниже отпускной цены, потому что этот блок не делает почти никакого вклада в то, чтобы оплатить горный капитал.

Максимальное количество капитала, которое будет поддерживать рудник, определяется чистой сегодняшней ценностью потоков наличности, когда запасы эксплуатируются в последовательности от самой низкой себестоимости до самой высокой.

В некоторых шахтах невозможно сначала отработать руду с самыми низкими затратами перед рудой с более высокой себестоимостью. Если запасы залегают вместе, то добывая руду самой низкой себестоимости можно уничтожить доступ к руде с более высокими затратами.

И все же удивительно большое количество шахт может быть разработано этим путем, если он столь желателен, например, простой (однопластовый) угольный карьер, фосфатные рудники, песчаные карьеры, большинство глиноземных шахт, и другие аллювиальные месторождения, где горные работы относительно мелки и имеют большую протяженность.

Независимо от того, является ли первоочередная добыча самой низкзатратной руды возможной или нет, но сегодняшняя ценность потока наличности и, следовательно, количество инвестиций капитала, которые поддержит проект, максимизируется с помощью этой последовательности планирования. Расчет кривой «содержание/тоннаж» («или затраты/тоннаж») указывает верхнюю границу капитала.

На этой ранней стадии оценки, налогообложение может обычно игнорироваться, так как цель состоит в том, чтобы просто определить, будет ли проект жизнеспособным или нет. Неточность (неполнота) основных данных означает, что должен быть достигнут ясный (однозначный) результат. Если проект показывает ограниченную привлекательность на этой ранней стадии оценки, то будьте осторожны. Если проект находится на границе доходности, то по всей вероятности прибыль будет близка к нулю и, следовательно, облагаться налогом будет ноль. Поэтому, решение не включать налог в этот анализ, правильное для принятия решения руководством.

Обсуждение начальных оценок ранее в этом разделе сосредоточено на специфических частях рудника, исследуя их автономно, чтобы решить, жизнеспособны ли они для рудника или нет. Эта часть обращается ко всему руднику и исследует влияние последовательности добычи на экономическое определение руды. При единичном рассмотрении блок может быть выгоден, но может быть принята исключительная и еще лучшая последовательность выемки, которая препятствует добыче этого блока. Решение включать или исключать его из оценки запасов - также функция календарного планирования.

8.7.4. Выводы

Экономическая оценка минеральных месторождений используется не только применительно к действующим шахтам или детальным технико-экономическим обоснованиям. Она также является критическим фактором в установлении ценности неразрабатываемых запасов и оценки усилий геологоразведки.

Работы по исследованию месторождения и ценности запасов в недрах очень чувствительны к экономике горных работ. Если горные затраты являются сомнительными и представляют большую пропорцию отпускной цены, тогда значительные запасы или расширения таких запасов имеют небольшую ценность, если они, кроме всего прочего, не снижают горные затраты.

Центральной точкой для разведки должна стать экономика переработки руды и совершенствование ее технологии. Если есть возможность для получения дополнительных запасов, которые будут быстро привнесены в производство, то ценность этих запасов может легко оправдать высокие затраты. Производительность производства, ее изменчивость и выбор времени потоков наличности становятся критическими.

Как только потенциально жизнеспособные месторождения идентифицированы, начальные оценки, должны быть нацелены на установление формы рудных тел с экономической позиции, что включать в запасы, а что - нет. Эти начальные оценки, прежде всего, базируются на эксплуатационных расходах. Анализ ранжирования затрат или оптимизация карьера – это не горный план или горный проект. Это - понимание экономики проекта и оценивание жизнеспособности плана. Он не обеспечивает категорической поддержки для принятия решения на основе риска, где горный план имеет долю неопределенности относительно его выполнимости.

Блок запасов жизнеспособен при любой начальной оценке, если дополнительные экономические вознаграждения от его отработки превышают дополнительные экономические вознаграждения от лучшего плана, который его не включает. "Дополнительные" затраты или вознаграждения часто трудно определить, и они (особенно в действующих шахтах) часто ежедневно изменяются. "Оптимальные" горные планы не обязательно прибыльны.

Оценки капитальных затрат для минеральных месторождений доступны только после всестороннего изучения, но максимального допустимый капитал (для любого рудника, который должен быть экономическим), может часто оцениваться на ранних стадиях оценки. Такие оценки, полученные из сегодняшней ценности избыточных потоков наличности, обеспечивают директиву для последующего

стратегического планирования и для формулирования целей дальнейшей разведки, где для вариантов возможных схем добычи применяются существенно различающиеся капитальные затраты.

Экономика запасов в недрах является также функцией производительности производства. Даже для тех же самых затрат производства, более быстрое производство подразумевает увеличенные запасы, потому что этот подход уменьшает стимулы для отработки низкоприбыльных запасов. Более высокая производительность производства также обычно означает и более низкие затраты. Новые шахты, развиваемые с целью расширения, склонны к ранним ошибочным оценкам запасов, которые кажутся первоначально непривлекательными (когда низкая производительность производства определяет приоритеты планирования), но могут стать весьма привлекательными даже прежде, чем начнется добыча, если приоритеты планирования изменятся к более высоким производительностям производства.

8.8. Горная Стратегия

В предыдущих разделах этой главы в кратце рассматривалось, как выбор стратегии добычи оценивается в экономических терминах, с использованием обычных инструментов анализа. Эти обычные инструменты часто ограничивают анализ немедленными решениями и предполагают, что альтернатива проекту - свободная от риска рыночная возможность, типа казначейских или долгосрочных правительственных обязательств. Более важно, что обычный анализ понимает деловую окружающую среду пассивной или, как максимум, такой, что она изменяется предсказуемыми способами.

Стратегический подход к выбору горных решений предполагает активную окружающую среду. Авторы решения в этой окружающей среде окружены другими активными бизнесменами - конкурентами. Различные стратегии взаимозависимы и признаются также. Выбор делается под влиянием ожиданий автора решения и реакции других конкурентов.

Этот раздел описывает горную стратегию. На первый план выдвигается риск неполучения дохода, а также описывается, почему инвестиционные инструменты оценки, предназначенные для решений с низким риском (большинство инструментов и методов, обсужденных в предыдущих разделах) могут иногда вести к ошибочным выборам. Кроме того, подвергается сомнению путь, которым горные руководители принимают решения в действительности, и предлагаются альтернативные пути для стратегического выбора.

8.8.1. Введение

Стратегическое размышление лучше иллюстрировать с помощью примера. Существует различие между руководителем БВР рудника и генералом на поле битвы. При разработке плана, руководитель БВР едва ли ожидает, что, когда он вернется на следующий день, руда переместилась (скрытно сама), потому что она не хотела быть взорванной. Среда планирования остается нейтральной. Процесс этот - механический, и результат его не зависит от действий или реакции игроков, не связанных с принятием решений.

В свою очередь, генерал, разрабатывающий планы в военной зоне, знает, что враг будет пытаться учитывать его действия. План генерала должен включать его ожидаемую реакцию, и как эта реакция, если она осуществится, будет влиять на выбор решения. Принятие решения в деловом мире похоже на принятие решения на поле битвы. Клиенты, конкуренты, и поставщики – это интеллектуальные и целеустремленные люди, чьи цели не могут быть приняты совместимыми с целями горной компании, желающей максимизировать богатство своих акционеров. Многие из предположений в горном плане зависят от действий и реакции этих других участников, поэтому воздействие их стратегий должно быть принято во внимание.

Для многих решений на работающих рудниках весьма часто используется стандартный (нестратегический) подход. Когда выбор между электрическим и дизельным экскаватором сделан при условии неизменяющегося мира, то вряд ли он будет неправилен, даже когда внешний мир изменится весьма существенно.

Однако, для многих решений, предположение о неизменности внешних условий не приводит к успеху. Даже если эти влияния находятся вне контроля, горные менеджеры должны учитывать вероятность изменений, особенно для анализа проекта в целом.

Инструменты оценки, предназначенные для неизменяющихся окружающих сред, часто ведут к потере ценности проекта, когда неосторожно применяются к динамическим окружающим средам. Проблему пытаются решить с помощью новых инструментов оценки и новых путей использования существующих инструментов.

Решения существуют только в настоящем. Вопрос, который должен ставится стратегическим планировщиком - не «что мы должны сделать завтра?», а: «Что мы должны делать сегодня, чтобы быть

готовыми к неуверенному завтра?» Вопрос - не «что случится в будущем?», а, «Какие будущие факторы мы должны рассмотреть сегодня; какие промежутки временем мы должны рассмотреть, и как мы должны свести их к одному времени в настоящем?» «Раз проект предложен или находится в действии, то, как он может быть структурирован или управляться для того, чтобы достичь самой высокой вероятности выполнения?»

В этом разделе книги аналитические методы не так подробно развиты как в предшествующих главах или других аналогичных трудах. Для этого есть две причины:

1. Мир человеческого взаимодействия - не столь же четок как мир машин. Оно не очень поддается анализу надежности. Аналитические методы, прежде всего, относятся к миру машин, а стратегический подход гораздо более тяготеет к моделям человеческого поведения, которые - не слишком предсказуемы. Результаты получаются менее надежными.
2. С незначительными исключениями, упомянутые выше финансовые теории, хорошо развиты. Но они мало подходят для выбора решений в динамической окружающей среде. Соответствующие разделы экономической теории принятия решений в условиях неопределенности, а также отрасли экономики, которые имеют дело со стратегией (то есть, теория игр), гораздо меньше развиты.

Таким образом, некоторые из инструментов, описанных на следующих страницах, полезны только в концептуальном плане, а не как аналитические инструменты для количественных результатов. Кроме того, решения об инвестициях капитала в условиях неопределенности все еще проверяются в экономике и психологии и могут со временем изменяться. Лишь Немногие эмпирических исследования были закончены по теме отношений между инвестициями и неопределенностью, и конца этой работы не видно.

В определенном смысле, выбор инвестиций капитала не имеет различий с любым другим выбором. Ценность одной альтернативы сравнивается (в голове автора решения) с ценностью следующей наиболее очевидной или привлекательной альтернативы. В мире потребителя, ценность более очевидна, и обычно осуществима немедленно. Процесс решения об инвестициях, с другой стороны, различается двумя характеристиками:

- "ценность" инвестиций капитала реализуется только в неизвестном будущем, т.к. для осуществления проекта требуется время. Выбор структуры инвестиций капитала – это выбор между стратегиями, ведущими к будущему, а сами эти стратегии вовлекают последующий выбор, который уже не полностью контролируется автором решения
- инвестиции капитала - наборы неоднородных ценностей. Потребительские товары могут быть испытаны и возвращены с небольшой потерей ценности, и такой выбор может быть выгодным в будущем. Ликвидационная ценность шахты, построенной, чтобы получить доступ к неизвестному рудному телу, не может быть возвращена назад или использована для некоторой другой цели.

Не удивительно, что экономическая литература, в значительной степени построенная на условиях продажи однородных предметов потребления на совершенных рынках, оцененных с помощью бесплатной совершенной информации, не дает удовлетворительных объяснений процессу формирования решения о вложениях капитала.

Здесь термин *проект* используется в очень широком смысле. Он представляет собой одну из стратегий, ведущих к будущему - стратегию, вовлекающую инвестиции капитала или их извлечение. Проект плановой покупки грузовика и погрузчика, в *физическом* смысле может привести к нескольким *логическим* "проектам". Например, проект А может означать "купить новый грузовик завтра", а проект В - "купить новый грузовик в начале следующего финансового года." Примеры иллюстрируют различную трактовку физических и логических проектов, особенно когда они явно учитывают риск.

Инструменты определяют механизмы для сравнения проектов, но существует предварительная стадия этих исследований. Кто-то должен осмыслить проекты, которые будут затем проанализированы. Как только проект сформулирован, то можно перейти к сравнению его с альтернативами, Самый большой вклад, который (возможно) может быть сделан практиком, стремящимся максимизировать экономическую ценность вариантов, это - расширение числа вариантов, а не улучшение аналитической обработки меньшего набора альтернатив.

Это утверждение заслуживает, чтобы повторить его еще раз. В пределах организации, решения обычно принимаются с помощью четкой процедуры, которая устраняет из рассмотрения много альтернатив, и часто некоторые из них представляют более высокую ценность, чем принятые варианты.

Из наблюдений и уроков прошлого ясно, что многие плохие варианты были отобраны горными компаниями, из-за того, что они не знали некоторых важных последствий, хотя эта информация, возможно, была доступна в горной промышленности, или даже внутри их собственной компании во время принятия решения.

8.8.2. Инвестиционная дихотомия: риск и прибыль

Горная промышленность всегда вносит риск в любые стандартные модели инвестирования. Каждый рудник оперирует с уникальными и иссякающими активами. Неопределенность существенна и часто неразрешима. Правила, которые применяются в большинстве отраслей промышленности, здесь обычно опускаются или подвергаются значительным изменениям.

Индустриальные предприятия продают изделия с четкими характеристиками на рынках, для которых их рыночная ценность в значительной степени известна, и это уже предполагается в стандартных экономических моделях. Рынки минеральных продуктов, с другой стороны, весьма далеки от хорошо определенных. Геологические характеристики для каждого месторождения отличаются. Руды и полуфабрикаты из них содержат различные количества примесей, которые часто имеют ценность для специфических клиентов. Правительственный контроль и создание стратегических запасов, по крайней мере, до недавнего прошлого влияли на цену. Для многих из минеральных рынков не характерно полностью конкурентоспособное равновесие, которое предполагается в экономике.

Начиная с середины 1980-ых увеличение конкуренции и интернационализация привели к существенному движению горной экономики к этому рыночному идеалу. Правительственное вмешательство в этот рынок и строгость правил слегка уменьшились. В крупнейших горных компаниях эта тенденция сопровождалась уменьшением различий в характере инвестиций по сравнению с любой другой отраслью промышленности. Возвращение инвестиций и доход акционеров стали главными критериями, а любые другие характеристики и параметры принимались как незначительные.

Эта тенденция сейчас снова пересматривается. Риски в минеральной промышленности не одинаковы, а основные отличия инвестиций в горную промышленность от стандартных инвестиционных моделей, находятся именно в области риска.

В инвестициях на фондовой бирже, разнообразие портфеля уменьшает риск и поэтому очень важно для инвесторов. В пределах фирмы справедливо то же самое. Фирма только с одним рудником сосредотачивается на одном товаре, и будет иметь доход, который более изменчив, чем подобная фирма с тремя (меньшими) шахтами, производящими три различных товара. Но все же этот разнообразный стиль деятельности фирмы не может быть привлекателен для инвесторов. Причина состоит в том, что сами инвесторы могут иметь разносторонние инвестиции; так одна треть их активов может быть помещена в три различных фирмы, каждая из которых сосредотачивается на одном товаре. Экономическая теория обычно расценивает этот подход как более эффективный, потому что инвесторы могут перемещать их фонды от компании к компании с меньшими затратами, чем физическая покупка и продажа заводов и шахт.

Законность этих выводов простирается только до определенных пределов. Ограничения касаются уникальности месторождений, неопределенности методов добычи и степени, с которой частное знание добавляет ценность, производимую совместными действиями.

1. Там, где процессы производства не имеют никаких уникальных входов, фирма с меньшей производительностью будет иметь более высокие производственные затраты. В горнодобывающей промышленности, каждый рудник имеет уникальный вход (поток руды), который влияет на стоимость производства. Маленькая компания с небольшими объемами добычи может конкурировать с другой, более производительной компанией.

2. Различные руды залегают вместе. Например, серебро часто производится совместно с цинком и свинцом. Медь - с золотом и молибденом. Компании, добывающие эти руды, имеют автоматические механизмы для разнообразия своей продукции с более низкими затратами, чем это может быть обеспечено через рыночные механизмы.

3. На фондовой бирже перемещение информации среди участников фактически мгновенно и относительно бесплатно. Таким образом, усилия по изучению ситуации, когда ресурсы перераспределяются между инвестициями, могут в значительной степени игнорироваться. Наоборот, в пределах горной компании эффект от знания характеристик обрабатываемых и новых рудных тел весьма существенен. Риски горных менеджеров являются уникальными и не могут быть сильно диверсифицированы.

Таким образом, применение обычных моделей для осмысления предстоящего риска и прибыли, а также – последующих действий, должно быть сделано осторожно. Для финансовых инвестиций, возможности, показывающие низкие риски и низкий возврат, являются начальной частью непрерывного ряда, заканчивающегося возможностями с высоким риском и более высоким возвратом, поэтому выбор вариантов с более высоким возвратом означает и более высокий риск. В горной промышленности, уникальность месторождений и риск, сопровождающий их эксплуатацию, означает, что проекты, предлагающие более высокое возвращение, не обязательно вовлекают более высокий риск. Создаются возможности, которые делают горную промышленность намного более интересной для бизнеса. Но это также затрудняет принятие решений, когда проекты оцениваются с использованием "эффективных рыночных" моделей, но имеют противоречивые, с точки зрения этих моделей, характеристики риска/прибыли.

Поскольку движение к усилению конкуренции в экономике продолжается, то правила оценки проектов также требуют адаптации. Однако и сегодня решения высокого риска продолжают приниматься (бессознательно) в ожидании больших прибылей, а проекты с "приемлемым риском" принимаются, потому что риск просто не был понят и учтен.

8.8.3. Критерии для принятия решений

Если принятое решение привело к результатам, отличным от ожидаемых, то это могло произойти из-за любой комбинации трех причин:

1. Удача (или неудача).
2. Недостаточные или неправильные исходные данные.
3. Плохой процесс выбора варианта.

Есть и дополнительные причины, особенно, если один или более участников процесса принятия решения следуют стратегии, которая противоречит корпоративным целям. Эти проблемы здесь опускаются. Трудность в любом анализе состоит в том, что успехи и неудачи оцениваются с точки зрения имеющегося опыта. С этой точки зрения исходная информация, по которой было сделано решение, теряется среди новой информации, которая становится доступной по мере разворачивания проекта. Менеджер, который на чистой удаче построил никелевую шахту, когда цена на никель достигла максимума (и затем продал по максимальной цене, когда рынок упал) будет героем. Тот, кому фортуна не улыбнулась, будет неудачником. Хотя удача, конечно, существенный элемент, но она имеет ограниченную роль в этом обсуждении, потому что, даже если бы точные обстоятельства и причины ее были поняты после событий, то это знание не помогло бы для принятия будущего решения.

Удача не может полностью быть исключена, но, если некоторая неизвестная характеристика изменяется полностью случайным способом, то необходимо проявить усилие и проницательность, чтобы установить и исследовать этот факт. Следующий пример иллюстрирует эту проблему и описывает первые шаги, ведущие к рациональному процессу принятия решения.

Предположим, что Вам дарят возможность для бизнеса, родственную игре в рулетку в казино. Предположим также, что есть много информации об этой возможности, которую Вы не понимаете. Какой рациональный путь существует для Вас, чтобы оценить эту возможность перед инвестициями?

Процессы оценки начинаются с некоторого исследования. Большинство игроков будет делать паузу и какое-то время наблюдать игру. В этом примере, после 30 вращений колеса, шар падает 26 раз на красное и 4 раза на черное.

Если это важно для Вас, и Вы проанализировали ситуацию, используя эффективную рыночную модель или социологические исследования, то Вы выберете красный и будете ожидать 26 побед из следующих 30 вращений. Теперь, предположите, что Вы победили 15 из следующих 30 бросков. Ваши инвестиции были бы неудачны.

Ясно, что когда мы принимаем решения, мы не столь наивны, чтобы вслепую экстраполировать прошлые тенденции. Мы всегда немного используем знание процесса. Но в каких знаниях мы нуждаемся? "Небольшое" знание статистики сказало бы Вам что "в среднем" есть шанс 50/50 для выпадения красного или черного. Поэтому, засвидетельствовав выпадение 26 красных из 30, Вы могли легко предположить, что для следующих 30 вращений также обосновано ожидание 26 черных и 4 красных. Вы выбрали бы черный и искоса смотрели бы на ваших наивных конкурентов, которые держат пари на красном. И снова, когда Вы победили только 15 из следующих 30 бросков, Вы должны будете объявить ваши инвестиции неудачными.

Проблема в том, как отделить неопределенность, которая является случайной, от той информации, которая концептуально предсказуема; это может быть сделано только, понимая процесс. Азартная игра - игра с нулевой суммой, так что любой, кто понимает этот процесс, не будет играть. С другой стороны, бизнес создает ценность, поэтому даже, если мы вступаем в сделки подобно этому примеру, то мы можем все еще выходить в среднем больше чем с 50%-ыми победами независимо от того, какую сторону мы взяли.

Будущее может быть в значительной степени неизвестно, но его можно спрогнозировать. Используя известные процессы принятия решения, мы часто упускаем шанс использования известной информации о будущем. Предположим, что мощные ливни выпадают в верхней части бассейна реки Лена. С небольшим количеством сомнения Вы сможете предположить, что кое-что экстраординарное может случиться в течение двух дней в Ленске, три или четыре дня спустя в Якутске и т.д." Это - предсказание, а не прогноз. Предсказание- это то, что Вы можете сказать с некоторой достоверностью о будущем, потому что это зависит не от экстраполяции исторических данных в будущее, а при понимании динамики основной системы, что качественно отлично.

Предсказанные будущие состояния могут содержать неопределенность, но присутствие этой неопределенности не должно затенить реальную ценность ожидаемых результатов для долгосрочного планирования.

Предположите ситуацию на руднике, где необходимо дополнительное оборудование. Возможно, что буровая техника очень быстро изнашивается, и новый станок требуется как можно скорее. Подразумевается, что производство не будет страдать в течение, по крайней мере, 6 месяцев, но за это время новый станок должен будет куплен, поставлен, и введен в действие. Для инженера по планированию эта потребность - срочная. Другие лица в организации: начальник участка бурения, горный менеджер, правление компании имеют различные понятия безотлагательности и выбора времени. Небольшое увеличение производительности существующих станков может, например, отодвинуть критический срок до 18 месяцев. Окончательное решение требует анализа мотивации всех участников процесса его принятия.

Предварительные условия для принятия решения (все три необходимы):

1. Неудовлетворенность текущим состоянием событий или беспокойство о положении дел, которое станет реальностью, если требуемые действия не будут реализованы.
2. Предполагается более удовлетворительная ситуация в будущем при принятии исчерпывающих мер.
3. Ожидание, что целеустремленное движение к намеченному набору состояний (ситуации) позволит устранить или, по крайней мере, облегчить наметившееся беспокойство

Поэтому действие это результат выбора альтернатив, каждая из которых имеет ожидаемую ценность и немного неопределенности, которую эта ценность материализует. При наличии неопределенности ценность имеет, по крайней мере, два измерения. В корпоративном контексте, выбор всеми сторонами решения находится на пересечении четырех областей:

- (1) ожидаемая ценность выбора альтернативы "не делать ничего";
- (2) неопределенность, сопровождающая этот выбор;
- (3) ожидаемая ценность предложенного альтернативного варианта действия; и
- (4) неопределенность, сопровождающая этот альтернативный курс действия.

Дальнейшая характеристика, часто пропускаемая или просто предполагаемая - механизм для формулировки альтернатив, которые облегчают выбор. С одной стороны, альтернативы, по умолчанию, очевидны. Однако, чтобы рационально их оценить, они требуют некоторого механизма предположения. Участники решения должны предвидеть в уме набор условий, которые вероятно проявятся при отсутствии какого-то действия. С другой стороны, новые альтернативы вовлекают новую, и более трудную, проблему ожидания последствий. Сначала, участники должны предусмотреть кое-что, что не существует, во-вторых, они должны предусмотреть, как эта альтернатива может вписаться в существующую структуру, а также - будущий набор состояний, которые вероятно появятся в этой структуре.

8.8.4. Ценность при выборе вариантов в условиях неопределенности

Принятие решения и его выполнение всегда направлено в будущее; оно обычно всегда планируется и реализуется для улучшения этого будущего. Цель состоит в том, чтобы всегда создавать будущие состояния более удовлетворительными, чем они были бы без вмешательства действия. Беспокойство, которое побуждает человека действовать, вызвано неопределенностью в ожидаемых будущих состояниях, поскольку они, вероятно, развились бы, если ничто не было бы сделано, чтобы изменить их.

Для действующих шахт при изменениях как внутренних, так и рыночных условий должны быть сделаны необходимые корректировки в планах. Успех любых новых инвестиций - прежде всего функция того, насколько успешно делаются эти непрерывные корректировки. В оценке величины первоначальных инвестиции (перед началом работы) ключевое предположение состоит в том, насколько легкими или трудными будут эти непрерывные изменения в будущем. Ключ к освоению этой стратегии - степень осведомленности и настороженности горных операторов относительно того, какие изменения являются важными, а какие нет.

В мире, где ситуация изменяется медленно, метод проб и ошибок может действовать как механизм для выравнивания ценности среди участников. В мире быстрых изменений эмпирические методы слишком медленны, т.к. ко времени, когда ошибка будет признана, обстоятельства следующего периода будут значительно отличаться от предыдущего периода. Возрастающая сложность современных рудников означает, что операторы имеют ограниченную интуитивную способность предвидеть далекое будущее.

При оценках альтернатив, могут быть предприняты усилия для понимания любой из четырех областей (см. выше), которые подкрепляют выбор. Однако отдача от этих усилий не равна для каждой из этих областей. Если альтернатива "не делать ничего", а также предлагаемый новый курс представляются весьма сомнительными, то сначала должна быть рассмотрена эта неопределенность. Компании имеют различные структуры капитала и различную терпимость к риску для каждого вида инвестиций, поэтому принятые приоритеты должны гарантировать, что проекты соответствуют этим допускам.

Как только неопределенность разрешена в пределах этих корпоративных границ, дальнейшие усилия по уменьшению неопределенности приводят к низким возвратам (прибыли). Рост (то есть, реальная добавленная экономическая ценность) – это результат максимизации различий между средним ожидаемым доходом по всем инвестициям от предложенного нового курса действия и уже используемым случаем без сокращения неопределенности. Это должно стать главным центром усилий для гарантии долгосрочного здоровья предприятия.

Как потом «успешные игроки» формулируют ценность и делают выбор в неопределенной окружающей среде, распределяя ресурсы между сокращением неопределенности и повышением NPV? Объекты выбора в структуре "капитала" - это альтернативные стратегии. Игроки выбирают между одной дорожкой в будущее (и полный будущий набор возможностей, подразумеваемый этой дорожкой) и некоторой другой дорожкой. Каждая стратегия включает желательные и нежелательные последствия, подвержена неопределенности, на разрешение которой, по крайней мере частично, влияют сами игроки. Выбор между альтернативными стратегиями подразумевает механизм сравнительной оценки этих характеристик, включая возможности влияния на их выполнение.

Игроки в этой окружающей среде "не уравнивают" и не манипулируют риском и возвратом одновременно. Игроки сначала удовлетворяют критерий риска, или критерий неопределенности; это - предварительное условие для любой оценки ценности на основе критерия максимума NPV. "Риск" в этой окружающей среде - относительный риск. Игрок, который хочет идти в гору, вместо того, чтобы остаться дома и читать книгу (самая привлекательная альтернатива), рискует только различием в потенциально неблагоприятных результатах этих двух альтернатив.

Выбранные альтернативы, которые удовлетворяют этому предварительному условию неопределенности, затем оцениваются по ожидаемой величине NPV.

Эта модель выбора вариантов для больших инвестиций капитала контрастирует с большинством моделей принятия решений, изложенных в экономической литературе. Например, горные планировщики часто проверяют свои планы с высокой степенью детальности, предполагая изменение затрат до 5 %, в то время, когда отпускная цена их изделий в короткое время может измениться во много раз больше. Имеет ли смысл детализация затрат до этого уровня в данной ситуации? Рассмотрение затрат действительно имеет смысл в модели, если они являются точкой различия между альтернативными направлениями развития рудника. Также весьма полезно для этой модели лишь приблизительно рассмотреть "отпускную цену", имея в виду, что ее изменения затрагивают все альтернативы одинаково.

Часто наблюдаемые промедление и отсрочка в принятии решений также являются рациональными для этой модели. Как предполагается, промедление обычно является недостатком управления. Но в этой

модели решение задержать принятие решения - также выбор. Альтернативный способ описать промедление – это "выбор какого-то варианта, но с опцией, чтобы оставить все как есть, если некоторые условия не произойдут в будущем". "Некоторые условия" касаются неопределенности данного решения. Альтернатива "ничего не делать" могла бы иметь низкий NPV, но она могла бы удовлетворить критерий неопределенности (в пределах терпимости компании к риску), тогда как альтернатива с высоким NPV не смогла бы этого сделать. Если неопределенность в будущем будет меньше, то NPV этой альтернативы, когда она оценивается, может все еще превышать существующую ценность статус-кво.

Некоторые из самых больших горных компаний мира появились только в процессе извилистого последовательного процесса, описываемого этой моделью.

Предположим, что имеется минерализация, которая является очень изменчивой.

Если Вы точно знаете, что находится в недрах и как это отработать, то реальное возвращение инвестиций, остающееся после уплаты налога будет 20 %. (Предположите для этого примера, что внутренняя норма прибыли 20 % очень высока, а внутренняя норма 5 % - очень низка.) Но к сожалению, Вы не знаете точных характеристик месторождения, и если Вы должным образом разведали его, чтобы удовлетворить терпимость вашей компании к риску (скажем, меньше чем 10%-ый шанс на не возвращение затраченного капитала), тогда стоимость этой разведки уменьшила бы возврат до 5 %, делая проект нежизнеспособным. Вы могли обурить только часть месторождения и начать маленькое производство, но использование малопроизводительного оборудования также уменьшает возврат только до 5 %. Как такое месторождение может быть освоено?

Классический ответ на эти проблемы - разнообразие портфеля инвестиций. Несколько подобных месторождений – геологически неодинаковых, но подобных в трудности освоения и затратах на преодоление неопределенности, может быть развито одновременно. Возврат капвложений от неожиданно плохих проектов в портфеле компенсируется возвращением от неожиданно хороших проектов. В среднем, ожидаемый доход по всем инвестициям будет достигнут, и риск в совокупности будет находиться в пределах терпимости компании к риску.

В исторической действительности, компании, имеющие только один очень большой проект этого типа, часто разорялись. Каждая попытка такого развития оставляет последующих владельцев с наследством опыта, который, в конечном счете, является достаточным, чтобы разрешить выгодную крупномасштабную эксплуатацию месторождения в пределах терпимости риска владельца. В нефтедобывающей промышленности та же самая проблема встречается при бурении (с высоким риском) глубоких скважин, для которых неопределенность является заранее неразрешимой. Большие нефтяные компании также решают эту проблему с помощью разнообразия инвестиций. Инвестиции в 10 нефтяных компаний, каждая из которых имеет одну десятую долю портфеля скважин высокого риска, приводят к тому же самому среднему ожидаемому доходу по всем инвестициям, как и инвестиции в единственную прибыльную компанию. Раздробленные инвестиции удовлетворяют критерий неопределенности, который в другом случае запретил бы бурение глубоких скважин.

Модель выбора вариантов для исследования диапазона горных проблем реализуется в процессе нескольких шагов.

8. На первом шаге выбираются варианты, для которых затраты капитала являются меньшими чем возврат (прибыль).

9. Среди вариантов, которые удовлетворяют предварительным условиям, упор делается на повышение ожидаемой величины NPV, а альтернативы для дальнейшего рассмотрения выбираются уже на этом основании.

10. Если варианты не удовлетворяют предварительным условиям, то разыскивается дополнительная информация о новых возможностях (технологии, оборудовании и т.д.) до тех пор, пока предварительное условие не будет выполнено.

11. Когда предварительное условие неопределенности не может быть удовлетворено никакими альтернативными вариантами, то "ценность" проекта определяется случаем, который имеет наименьшее количество риска, независимо от ожидаемого NPV.

8.9. Традиционные механизмы для оценки горных предприятий

В этом разделе обсуждаются традиционные методы, используемые для оценки горных проектов, включая быстрые методы для работающих шахт и методы для того, чтобы сформулировать стратегию добычи в общекорпоративном смысле.

8.9.1. Традиционная оценка проектов

Новые проекты обычно планируются в главном офисе компании специально сформированными для этой цели проектными командами. Производственные и капитальные расходы планируются в соответствии с квотами и имеющимся опытом. Разрабатывается несколько сценариев плана, чтобы исследовать чувствительность проекта к различным запланированным мощностям производства.

Инструмент, используемый для этих оценок - почти исключительно – анализ дисконтированного потока наличности. Большинство компаний также использует правило большого пальца или независимо, или в совокупности с анализом дисконтированного потока наличности, чтобы сравнить данный проект с разработанными ранее другими проектами. Обычно предпринимаются исследования чувствительности, чтобы оценить изменения возврата капитала (или NPV) при колебаниях значений входных параметров. Исследования чувствительности предпринимаются для разных отпускных цен продукции, изменений производительности производства и других ключевых параметров, затрагивающих затраты или доходы (например, обменный курс валют, изменения капитальных затрат, цен на нефть, задержки в получении доходов после запуска производства и т.д.).

Эти процессы оценки: технико-экономическое обоснование (FS), анализ дисконтированного потока наличности и анализ чувствительности ведут к высокой степени достоверности принимаемого решения. Однако, все же есть проблемы и в этой традиционной работе. Обычно приблизительные расчеты показывают размер возврата инвестиций, которые, как оказывается, очень близки к показателю, оцененному после очень сложного и очень детального анализа. Уточнение в процессе оценки слабо влияет на размер возврата инвестиций, хотя это - ключевой критерий, по которому делается выбор варианта. Интуитивно, горные компании и финансисты понимают, что детальное изучение необходимо. Проблема состоит в том, что все дополнительные усилия и затраты на эти исследования не дают никакой награды, по крайней мере в отношении первичного индикатора: темпа возврата инвестиций.

Для любого реального месторождения и технологии добычи возврат инвестиций часто меньше зависит от специфических параметров горного плана, чем от факторов, которые являются независимыми от плана. Геологические и металлургические характеристики руды, а также отпускная цена, обменный курс, и расстояние до рынков в значительной степени независимы от горного плана.

Ошибочное детальное планирование может, в свою очередь, легко уменьшить возврат инвестиций. Оно производится за пределами детального анализа ситуации, традиционно нацеленного на улучшение оценок в пределах четкого набора ограничений.

Если эти ограничения не исследованы повторно, или найдена дополнительная руда, то конкурентоспособное положение большинства проектов немного изменяется в процессе оценки. Оно может быть оценено после небольшого объема работы (возможно через 1 день работы), если предварительно известны требуемые характеристики руды.

Этот факт хорошо известен и встречается во многих отраслях промышленности. Если возврат инвестиций сильно не изменяется в процессе более тщательного планирования, то из этого следуют два заключения:

- Оценки на ранней стадии являются весьма надежными индикаторами фундаментальной экономики. Если они не демонстрируют удовлетворительный возврат, то необходимо, вероятно, продолжать искать другой проект, который это делает. Это предпринимательский или сосредоточенный на исследованиях подход.
- Для проектов, которые соответствуют инвестиционным критериям в самом начале работы, появляется необходимость в более детальной оценке, в процессе которой средний ожидаемый доход по всем инвестициям, вероятно, будет изменен очень незначительно.

Первое из этих заключений действительно. Открытие высококачественных месторождений и новых технологий было важной составляющей успеха для многих компаний. Второе "заключение" означает дополнительную экспертизу. Крупнейшие горные компании не совершают важных действий без их детального предварительного изучения. Банки также настаивают на детальных изучениях прежде, чем они соглашаются на кредитование. Эти организации не требовали бы такой работы, если бы они не были убеждены в ее полезности.

Есть другая тревожащая тенденция, доказанная с помощью способа, которым проекты разработаны и осуществлены. Часто похожие проекты с одинаковыми горными методами и теми же самыми средними ожидаемыми доходами по всем инвестициям (оцененным на стадии ТЭО) - после, скажем, 10 лет производства дают в значительной степени различные результаты. Таким образом, реально достигнутые

результаты очень плохо коррелируют с параметрами планирования, а некоторые элементы, ведущие к фактическим результатам, искажаются в планировании.

Процесс оценки: ТЭО, анализ дисконтированного потока наличности и анализ чувствительности - исследуют экономику или конкурентоспособность ресурсов для данного набора условий. Процессы мало говорят о легкости или трудности в достижении ожидаемых затрат. Они намного меньше говорят о способности проекта обеспечить возврат инвестиций с любым другим набором условий — уже не говоря о том, как проект мог бы работать с некоторым полностью отличным набором начальных условий.

Различие в выполнении одинаковых проектов (то есть, способности соответствовать ожиданиям), доказанное неравенством достигнутых результатах, объясняется легкостью или трудностью в осуществлении корректировок плана при появлении внешних или внутренних изменений. Причиной может быть также и характеристика управления компанией, т.е. насколько эффективные принимаются решения и насколько правильны эти решения при данных обстоятельствах.

Традиционно работа по созданию ТЭО сосредоточена на изучении проекта и его компонентов с большой детальностью, но в пределах установленного набора правил и при постоянной внешней окружающей среде. Вместо этого упор должен быть сделан на ошибкоустойчивости проекта (возможно при меньшей его точности) при использовании различных правил и при изменении внешней окружающей среды.

Проект, который является работоспособным при возникновении больших изменений, должен заслуживать большего внимания, несмотря на более низкий "ожидаемый" возврат инвестиций, чем проект, который не является таким же работоспособным.

8.9.2. Быстрые методы оценки

Поскольку рудник успешно работает и хорошо соответствует портфелю имеющихся активов, то корректировки должны делаться только при изменении горно-геологических условий или рынка. Продолжение инвестиций после начала горных работ, часто предусмотренное в ТЭО, является снова процессом принятия решения и сравнения с альтернативами, которые не требуют новых инвестиций.

Это представляет одну из главных трудностей в достижении запланированных мощностей в горных инвестициях. Каждые "инвестиции" — это решение следовать по некоторой дорожке в будущее, но будущие решения в процессе этого пути неизвестны. Рациональный выбор, кажущийся разумным до инвестиций, может весьма сильно отличаться от выбора, который был бы сделан после вложения капитала. Это действительно даже, если первоначальные условия остались неизменны.

Первоначальные условия редко остаются неизменными. Нл всесторонний анализ DCF не может быть предпринят каждый раз, когда они изменяются. В этой ситуации большинство решений делается, используя некоторые быстрые методы оценки, для которых принимаемая неточность компенсируется легкостью вычисления или выполнения. Методы выбираются так, чтобы соответствовать имеющимся обстоятельствам.

Кратких методов оценки нельзя избежать. Трудность состоит в том, что, в выборе такого метода, автор решения оценивает некоторые характеристики (пропускаемые данным методом), как несущественные. Он или она делают это суждение на основании опыта, который никогда не будет точно соответствовать данной задаче или обстоятельствам в это время. Быстрые методы вообще надежны, если фундаментальная экономика, на основе которой они разработаны, остается верной.

Анализ подразделяет такие инструменты на две группы. Первая группа принадлежит, главным образом, к эксплуатационным или инвестиционным решениям в индивидуальных шахтах или некоторых типах шахт. Вторая группа связана с горным бизнесом вообще — эти типы стратегических решений, принимаются применительно к целым портфелям активов.

8.9.3. Действующие рудники

Персонал, вовлеченный в производство, имеет немного времени для исчерпывающего экономического анализа. Такая работа занимает время и связана с дополнительными затратами, а потерянный из-за нее доход часто представляет большую потерянную ценность чем потенциальная прибыль от оптимизированных решений.

Первое краткое правило применяется только для карьеров.

Для любого карьера есть сильная корреляция между экономикой предприятия и количеством породы, которая должна быть удалена для добычи одной тонны руды или угля. Таким образом, это отношение

(коэффициент вскрыши) рассматривается горными операторами как индикатор экономической ценности. Насколько надежен этот индикатор?

В простой форме, величина этого отношения предполагает, что горные затраты – это функция количества извлеченной породы, а горные доходы являются функцией количества добытой руды. Низкое отношение означает низкие затраты относительно доходов и, поэтому, является индикатором относительной прибыли. Надежность коэффициента вскрыши, как индикатора, оценивается в соответствии с тем, насколько верны эти представления.

Одно большое преимущество вычисления коэффициента вскрыши состоит в том, что оно может быть выполнено за несколько минут. Более надежные методы (например, ранжирование затрат) могут занять несколько дней. Более надежные методы применимы в случае, если ценность получаемой дополнительной надежности превышает затраты на дополнительные усилия.

Очевидны две тенденции:

1. Так как горная промышленность обрабатывает все более и более сложные месторождения, то упрощенное вычисление коэффициента вскрыши становится все менее надежным. Кроме, как для наиболее простых месторождений, этот инструмент, вероятно, сейчас намного менее надежен, чем вообще признают операторы.
2. Усилия для оценки надежных альтернатив сокращаются ежедневно с прогрессом компьютерной технологии.

Вычисление экономических оценок является такой важной составляющей во всех аспектах планирования и работы рудников, что его нельзя рассматривать поверхностно в интересах целесообразности. Доступность альтернативных вычислений, приводит к тому, что длительное использование критерия коэффициента вскрыши оправдано только для самых простых шахт.

Много серьезных проектов освоения минеральных ресурсов развиты с большими начальными инвестициями в относительно непроизводительные сферы, которые являются в значительной степени независимыми от производства. Типичные расходы этого типа включают средства на обслуживание администрации, города, дорог, железнодорожных линий и станций, портов, и другой инфраструктуры. Возвращение этого капитала планируется из первоначально запланированной горной продукции, но с другой стороны, возврат от возрастания объемов выпуска продукции должен компенсировать только инвестиции, направленные на это возрастание. В этих обстоятельствах, любое развитие, которое приводит к увеличенному производству, обычно весьма выгодно - даже когда граничные эксплуатационные расходы выше средних.

В этих обстоятельствах появилось представление, что горная экономика будет "всегда" улучшаться при увеличении производства, даже если исключить методы, которые более выгодны при меньшем или таком же объеме производства. Насколько надежно такое простое правило большого пальца? Если горная экономика будет "всегда" улучшаться, то где останавливается возможности этого "расширения"? Может ли целое большое месторождение быть отработано за 1 год или меньше?

Если горная экономика может быть улучшена с помощью расширения мощностей, то, почему не была установлена высокая производительность вначале? Что изменилось между тогда и теперь? Есть две сильные причины для расширения производства, которые являются весьма существенными:

1. Месторождение, возможно, было плохо разведано на первой стадии развития, но все же было экономичным. Новая геологическая информация дает возможность для расширения.
2. Рынки металлов - часто весьма неэластичны в краткосрочном плане. Бизнесмены вкладывают большие инвестиции в уникальное производство или продукцию, а увеличенная продажа этой продукции требует реструктурирования капитала в процессах ее потребления - задача, требующая времени. Таким образом, для этих рынков устойчивое расширение производства требует указанного выше процесса реорганизации и должно избегать низких граничных доходов.

Если краткое правило расширения производства действительно, то это изменение должно идеально подходить для каждой индивидуальной шахты. Если же стимул для изменения относится к целому спектру промышленности, то расширение может быть жизнеспособно только как защитная стратегия.

Действительно, некоторые из лучших инвестиций в действующие шахты – это инвестиции, которые не предусматривают увеличения производства. Однако, проблема с использованием анализа дисконтированного потока наличности для этих типов инвестиций состоит в том, что для многих людей они не демонстрируют никакого легко распознаваемого источника дохода. В этом случае доход

происходит от сбережения эксплуатационных расходов, которые были бы понесены в случае выбора другой стратегии. Сбережения эксплуатационных расходов (особенно там, где имеется хорошее управление) не столь очевидны, как доход, полученный от продажи дополнительной горной продукции.

Трудность в понимании цели "расширяться, чтобы улучшить горную экономику" - в том, что она часто приводит к искажениям в инвестиционной политике. Инвестиционные решения здесь смещены в пользу проектов, которые кончаются расширенным производством по сравнению с проектами, дающими равные или более высокие возвращаения, но которые связаны с меньшим или никаким расширением, хотя часто являются менее рискованными.

Действующие шахты оцениваются, прежде всего, по их способности выполнять цели производства. Только очень немногие люди на горном участке обеспокоены денежными затратами на тонну руды даже, когда там используется обычный критерий - эксплуатационные расходы материалов и энергии. Каждый рудник наиболее чувствителен к потере дохода. Для любой данной отпускной цены (что, так или иначе, находится вне контроля оператора), потеря дохода сравнивается с потерей производства.

Типичный случай в горной промышленности - водоотлив. Насос, стоящий 100 000 \$, трудно оправдать в течение сухого сезона года. Однако, отсутствие насоса, причиняющее потерю 50,000 т отгрузки продукции, может легко привести к потере 100 000 \$ для одной отгрузки — и намного больше, чем 100 000 \$, для общего числа потерянных отгрузок. Действительно, меры по исправлению возникшей ситуации (например, сверхурочная работа) обычно по стоимости далеко превышают стоимость своевременно запланированной альтернативы.

Потеря потока наличности, причиняемая мерами по корректировке ситуации, является небольшой по сравнению с альтернативной потерей потока наличности, который был бы связан с потерей производства, но оба случая - потери (по сравнению с решениями долгосрочного плана). Горная промышленность - бизнес для получения прибыли, а не для ухода от потерь. Критерии для принятия решения в ситуации "потери" не должны быть применены к долговременным инвестициям, нацеленным на доходность.

Упор на производстве также распространяется на руководящие принципы, используемые в ежедневном контроле за работой рудника. Экономически не осуществимо проконтролировать все, что случается в шахте. Каждый рудник достигает собственного компромисса относительно контроля событий, которые являются действительно важными для него с точки зрения себестоимости тонны руды и других событий, которые являются просто легкими для количественных измерений.

Самый понятный пример связан с производительностью экскаватора и самосвала. Почти каждый карьер, используя это оборудование, сообщает о производительности экскаватора ежедневно. Очень немногие карьеры сообщают о производительности самосвала. Поскольку они ежедневно ездят в различные места (забой), то не существует какого-то эталонного теста, чтобы измерить их работу. Тем не менее, самосвалы обычно дают 70 % затрат пары экскаватор/самосвал. Кроме того, часто есть обратная корреляция между производительностью самосвала (не контролируемой) и производительностью экскаватора (которая контролируется).

Если критерий, которым оцениваются производственные действия - "производительность", и если мера производства - объем отгрузки, то эта цель может быть достигнута увеличением количества самосвалов на экскаватор. Анализ средней статистики затрат и использования производительности экскаватора (или всех их) как эталонного теста обеспечивает более правильные граничные затраты и индикаторы производительности самосвалов. Если производительность самосвала уменьшается на 11 %, то граничные затраты на добычу при помощи этого грузовика на 40 % выше чем затраты, которые были бы понесены без этого. Уровень производства - это фактически обратная величина для реальной цели - затрат на тонну. Измеренные затраты - также бедная основа для принятия решений в этом случае, предлагающем правильное изменение (увеличение или уменьшение) в затратах после решения, но чрезвычайно недооценивающим значение воздействия затрат.

Когда предлагается любой новый проект, то один из первых вопросов будет: Сколько это будет стоить? Минимизация капитала интерпретируется в данном случае, как первичная цель. Эта интерпретация, однако, также нуждается в применении с осторожностью.

Акционеры компании вкладывают в проект деньги и ожидают, что бизнесом компании является использование их фондов, чтобы делать деньги. Обычно чтобы капитал направляется в проекты, приводящие к самому высокому возвращению для той же самой степени риска. Если компания имеет возможности, обеспечить средний ожидаемый доход по всем инвестициям 25 % или больше, то проекты, предлагающие только 20%-ые возвращаения, конечно, будут ограничены капиталом.

Без всесторонней экспертизы риска, возвращаения, и затрат капитала есть опасность в использовании правила большого пальца, которое подразумевает только минимизацию капитала.

Альтернативы, которые являются менее капиталоемкими (более низкий капитал и более высокие эксплуатационные расходы), могут быть недостаточно надежными при изменении рыночных условий. Проекты, отобранные на этом основании, могут быть подвержены намного больше рыночному риску вопреки главной цели организации.

8.9.4. Горная Стратегия

Корпорации с целыми портфелями горных активов должны принимать решения тем же самым способом, как и менеджеры горных предприятий. Не все эти решения могут позволить время и затраты для детального анализа, поэтому, чтобы делать такие решения, обычно используются краткие правила.

Кроме того, подходы ко многим решениям в общекорпоративном смысле не могут быть определены количественно, и высшее управление компании должно снова обратиться к более обобщенным руководящим принципам, чтобы помочь правильному выбору. Ниже исследуется два таких общекорпоративных кратких руководящих принципа:

- (1) историческое влияние инфляции на выбор альтернатив и
- (2) устойчивость возврата (прибыли), обеспеченного компетентностью компании и ее способностью в организации бизнеса.

Действующие шахты и учреждения финансов связанные с горнодобывающей промышленностью, используют некоторые правила большого пальца и другие руководящие принципы, которые произошли из-за учета инфляции с начала 1970-ых. Многие из этих правил большого пальца были неправильны даже в тот инфляционный период. Во времена низкой инфляции или дефляции, применение этих правил может привести к грубым ошибкам в принятии решения. Поучительно повторно рассмотреть экономику инфляции и повторно исследовать логику, которая лежит в основе политики, принятой правительствами и вкладывающими капитал фирмами в течение этого периода.

Инфляция – это, прежде всего, денежно-кредитное явление. Оно вызвано увеличением количества денег, что в значительной степени находится под контролем центральных всемирных банков. Инфляционная политика преследуется правительствами, чтобы продвинуть то, что они считают желательными результатами. Инфляционная политика обычно стремится уменьшать процентные ставки, потому что это способствует инвестициям. Если процентные ставки ниже, т.е. стоимость капитала ниже, тогда, предполагая, что ничто иное не изменяется, некоторые шахты, которые не могли бы иначе существовать, становятся жизнеспособными. Кроме того, для компаний, рассматривающих различные методы развития, становятся относительно более привлекательными более капиталоемкие горные методы.

Есть и другие последствия — или, по крайней мере, очевидные выгоды от инфляции. При инфляции, развивающийся рудник станет более конкурентоспособным через какое-то время, потому что конкурирующие шахты, которые открываются в будущем, должны будут затратить больше, чтобы начать работу. Очевидные выгоды также связаны и с занятостью. Рост заработной платы обычно отстает от инфляции, поэтому (предполагая, что отпускная цена продукции возрастает с инфляцией) экономика компании улучшается, потому что реальная стоимость рабочей силы уменьшилась. Когда реальная стоимость трудовых ресурсов снижается, то больше людей может быть нанято. Безработица понижается.

Это - аргументы, которые реализуются (в тех или иных местах) в результате инфляционной политики. Все же реальный мировой опыт показал, что они могут быть ошибочны. Не все признанные ошибки еще учтены в новых правилах большого пальца для корпоративного принятия решения.

Есть небольшие разногласия среди профессиональных экономистов или политиков в том, что, если затраты капитала снижаются, или цена трудовых ресурсов снижается, а все другие факторы остаются неизменными, то инвестиции становятся более жизнеспособны. Но остаются ли неизменными "все другие факторы"? Если нет никакой инфляции, и кто - то имеет деньги в банке, зарабатывая 5%-ый интерес, то, будет ли этот человек держать деньги в этом банке, когда есть 10%-ая инфляция? Нет. Инвестиции в чистые предметы потребления (например, в золото), которые не дают никакого процента, но ценность которых поддерживается в одном темпе с инфляцией, - более жизнеспособное решение.

То, что раньше считалось эффектом инфляции, теперь признано, как проявление непредсказуемой инфляции. То же касается и заработной платы в инфляционной окружающей среде. Она обычно отстанет от инфляции (и поэтому будет способствовать реальному сокращению затрат) только в то время, когда требования о повышении заработной платы подразумевают, что инфляция идет более низкими темпами чем фактически происходит. Чтобы быть полезной как стимул продвижения инвестиций, инфляция должна всегда быть больше, чем ожидается. При скорости современных коммуникаций, доступностью

безинфляционных заменителей денег, свободном обмене валюты, и эффективности мировых рынков потенциал для правительств, чтобы извлечь выгоду из преднамеренной инфляционной политики, очень ограничен.

Хотя инфляция больше не может быть существенным фактором в инвестиционном выборе, есть еще пережитки этой предыдущей эры высокой инфляции, которые все еще влияют на принятие решения.

Первый пережиток - уверенность. Многие принимаемые решения – в большей степени функция уверенности, чем реальной ценности (в чистом существующем смысле ценности). Знание, что само правительство является главным источником инфляции и насколько политически непопулярны некоторые его антиинфляционные действия, приводит к тому, что большинство видов коммерческой деятельности уверено, что инфляция продолжится. Эта тенденция была очень популярна в бизнесе. И все же она была разрушена. Как это ни парадоксально, но деловая окружающая среда во многих частях мира теперь обеспокоена в большей степени реакцией правительства на увеличение международной конкурентоспособности.

Второй пережиток инфляционного периода - тенденция повышения цен, особенно в горной промышленности. Возвращение к реальным активам в инфляционный период было выгодно для этой промышленности и вызывало расширение добычи золота, серебра, платины и (из-за высоких цен на нефть) алюминия и угля. При низкой инфляции это нерациональное использование ресурсов медленнее исчезает, но концепция повышения цен вообще (в реальном исчислении) остается. Идея поддерживается констатацией того, что шахты непрерывно переходят на обработку более глубоких и более низкокачественных руд с более высокими затратами, и поэтому переходят на более высокие цены.

Действительность состоит в том, что реальные цены за почти все минеральные товары снизились, несмотря на тенденцию углубления работ и снижения качества руд. Не существует какого-нибудь основного минерального товара, для которого цена повысилась бы из-за инфляции за достаточно продолжительный период времени. Небольшое повышение цен произошло для уникальных ресурсов или для товаров, которые стали непопулярны, но эта тенденция сопровождалась драматическими сокращениями производства. Реальные затраты производства также снизились. Однако, немногие горные компании серьезно восприняли новые руководящие принципы для оценки проектов с использованием этих тенденций. Большинство проводимых анализов продолжает использовать повышающиеся отпускные цены (в соответствии с инфляцией) и затраты производства, которые изменяются аналогично. Изменение тенденции к снижению отпускных цен и затрат производства могло бы привести к существенному изменению горных стратегий и приоритетов управления.

8.9.5. Компетентность и модели изучения

Краткие методы оценки, описанные ранее в этом разделе, полезны в обстоятельствах, когда негарантирован более всесторонний подход. Если есть любое сомнение относительно надежности метода, то может быть предпринят детальный анализ и ответ определен с достаточной надежностью.

Для стратегических выборов относительно целых портфелей горных активов, не существует никакого анализа, который может гарантировать надежность. Даже если всесторонняя модель DCF могла бы быть создана для шахт компании А и шахт всех ее конкурентов, то это не обязательно укажет компании А, что вероятно сделает ее конкурент и, что поэтому должна сделать компания А. Предположим, например, что оценка компании А правильно показала потенциальное возвращение 20 % для нового предложенного проекта и потенциальное возвращение 15 % для нового проекта его конкурента. Если только один новый проект жизнеспособен на рынке, то это подразумевает, что конкурент, даже если бы он имел эту информацию, не начал бы работу? Нет. Трудность в том, что компания А не может знать затрат (возможностей) конкурента. Если следующая самая привлекательная альтернатива приводит к 10%-му возвращению для конкурента, то для него это может быть жизнеспособно, чтобы начать производство, даже притом, что его проект является худшим по сравнению с проектом компании А.

Самый легкий путь, которым конкурентоспособное долгосрочное преимущество может быть поддержано - через некоторый уникальный подход к процессу. Формула Кока-Колы наиболее существенный пример. Патенты, авторские права, и торговые марки – это также уникальные подходы. Добывающие компании всегда имеют свой уникальный элемент — месторождение. Трудность с этим подходом является двойной:

- Уникальные элементы теряют ценность через какое-то время. Месторождения, которые сначала были богаты и неглубоки, становятся глубокими и бедными. Новые технологии развиваются, чтобы делать устаревшую ценность меньше. Изменяются вкусы. Долгосрочные стратегии не основываются на уникальных элементах, а только на способности непрерывно обнаруживать новые

уникальные элементы или увеличивать ценность существующих. В горнодобывающей промышленности, этой способностью обладает компания, нацеленная на геологоразведку, а не только на добычу. Этот ценный предпринимательский навык должен сопровождаться необходимым опытом ведения горных работ.

- Вновь обнаруженные рудные тела, патенты, и авторские права могут быть проданы или лицензированы. Если эти элементы действительно подкрепляют долгосрочную доходность, то существующая ценность их — это дополнительная ценность, которую они добавляют к любому процессу — может быть использована первооткрывателем в начале. Часто случается, когда молодая геологоразведочная компания (которая находит такое месторождение) распродают часть или все месторождение горным компаниям. Если собственность переходит к лицу, предлагающему самую высокую цену, тогда нет никакой "избыточной" прибыли, подкрепляющей долгосрочную эксплуатационную конкурентоспособность. Горные предприятия достигают эксплуатационной конкурентоспособности, во-первых, приобретая некоторый навык в работе, а не через обнаружение новых месторождений главным образом.

Если предприятие рассчитывает работать долго, то уникальные элементы все еще требуются, но они должны быть элементами, которые являются особенностью именно данной организации. Эти элементы не могут быть проданы за исключением продажи всей организации. Далее, мало того, что организация должна обладать уникальными элементами, но должны также существовать механизмы для обновления, расширения, и распространения этих уникальных характеристик.

Эти механизмы могут упоминаться как организационное изучение. Если организация производит то же самое изделие из года в год, и если культура организации поощряет это, то самые лучшие пути будут найдены, чтобы произвести это изделие в более быстрой или более дешевой манере. Даже если другая организация должна была купить идентичный завод и машины, то нет никакой гарантии, что они смогут скопировать имеющееся знание, которое обеспечивает эффективность первой компании.

Предположение конкурентоспособного рынка, где каждый продает по той же самой цене, самая выгодная компания будет там с самыми низкими полными производственными затратами. Если нет других уникальных элементов, и все организации имеют ту же самую способность для получения опыта, то производитель с самыми низкими затратами будет иметь максимальный опыт. Таким образом, рыночная доля становится важной стратегической целью. Организации с высокой рыночной долей продвигаются по линии опыта быстрее, чем организации с низкой рыночной долей.

Много больших горных компаний теперь используют эти простые модели, чтобы принимать разумные решения относительно их портфелей. Насколько надежны эти модели, заимствованные от индустриальных организаций, для горных предприятий?

Ключевые компоненты успеха для компаний, использующих этот подход:

- Модели рассматривают различие между отпускной ценой и затратами наличных денег.

Конкурентоспособное преимущество опирается на различие между продажной ценой и затратами по сравнению с конкурентами на том же самом рынке. Таким образом, некоторые компании предпочитают сосредотачиваться непосредственно на этих атрибутах - признаках успешных проектов в самом низу (25%) списка компаний, ранжированных по величине затрат производства.

- Модели предполагают конкурентоспособные рынки, где каждый продает по той же самой цене. Однако, не каждый продает по той же самой цене минеральную продукцию. Товары лучшего качества имеют цену выше, чем цена продукции конкурентов. Рынки, которые развиты, чтобы капитализировать уникальные характеристики специфических руд, могут часто достигать этого дифференцирования.

- Рыночная доля не должна быть перепутана с совокупным накопленным опытом компании. Некоторые организации относятся к рыночной доле так, как будто это она источник эффективности. Новая компания "покупая" долю рынка (через преднамеренное занижение цены) не может автоматически уменьшить свои реальные затраты производства быстрее чем организация с большим количеством опыта, продолжающая иметь меньший процент рынка. Шахты, планирующие объем производства сверх некоторой естественной нормы для данного месторождения, страдают от "слишком большого количества оборудования, пытающегося приспособиться к слишком маленькому отверстию."

- Совокупный опыт не должен быть перепутан с обучением. Совокупный опыт один не может достигнуть эффективности. Эффективность прибывает от того, насколько организация учится от этого опыта. Организации имеют различные способности развиваться и сохранять навыки. Сокращение затрат в ближайшей перспективе (через сокращение вспомогательного персонала, например) может часто драматично уменьшить способность организации в обучении и непрерывном усовершенствовании.

- Обучение не ограничено осмыслением механических навыков. Легко увидеть, как повторные задачи в производстве могут быть прогрессивно улучшены через какое-то время. Горная промышленность редко использует повторные задачи такого типа. Месторождения обрабатываются и изменяются со временем. Опыт добычи, очевидно, имеет меньше значения непосредственно в самих задачах, чем в процессах принятия решения, которые позволяют подобным типам задач быть многократно предпринятыми.

Принятие стратегического решения требует большего, чем просто установление цели производства. Почти все экономические модели, которые исследуют стратегические решения в конкурентоспособной окружающей среде, начинаются с предположения конкурентоспособной отпускной цены и стратегии, которая позволяет достичь этой цены с меньшими затратами чем конкуренты. На потребительском рынке это - разумная отправная точка для поддержания преимущества. Однако, изделия горной промышленности редко продаются на потребительском рынке. Горная промышленность - обычно только первый шаг в длинной цепи производства, и ее изделия весьма отдалены от конечного пользователя. Изменения в структуре производства могут драматично изменить характер рынка. Прямое сокращение объемов руд может обойти традиционные многошаговые процессы. Конечные изделия могут быть сделаны из других материалов.

Литература

1. Ian C. Runge. Mining Economics and Strategy, SME, USA, 1998, 316 p.
2. B. CAVENDER. Leadership vs. management: Observations on the successes and failures of cost-reduction programs., Mining Engineering, 2001.

9. Планирование горных работ на действующих предприятиях

9.1. Краткая характеристика процесса планирования

Начиная работать, горная компания обычно имеет перспективный план развития на весь срок обработки месторождения. Особенности составления и модернизации такого плана достаточно подробно рассмотрены в главе 7.

На основе этого перспективного плана формируются другие планы, сроки и периодичность создания которых зависят от отрасли, традиций, требований региональных контролирующих органов, акционеров компании и т.д.

Иногда следующим после перспективного составляется пятилетний план, который детализирует установки и контрольные цифры перспективного применительно к ближайшей пятилетке.

Но чаще всего наиболее важной и ответственной стадией планирования в горной компании является годовое планирование. Оно обычно осуществляется специальной командой (отделом, бюро и т.д.) планирования. В российской действительности все нюансы годового плана жестко регламентированы нормативным документом Госгортехнадзора [1], который определяет состав пояснительной записки плана, перечень необходимых чертежей и таблиц, а также сроки его создания и представления в контрольные органы для утверждения.

Годовой план создается на основе основной блочной модели месторождения, которая до начала планирования модернизируется в требуемых местах с использованием всей полученной к этому времени новой геологической (гидрогеологической, геомеханической и т.д.) информации.

Составив и утвердив годовой план, команда планирования переходит к созданию месячного плана, который также играет важную роль в горной компании. Этот план ежемесячно рассматривается и утверждается одним из управляющих органов горной компании (техсоветом, производственным совещанием, техническим директором и т.д.). На таком рассмотрении обычно докладываются итоги (ожидаемые) выполнения плана предыдущего месяца, причины его невыполнения или перевыполнения, отклонения от годовой программы и т.д.

Месячная программа также создается главным образом на основе блочной модели месторождения. Но часть уже разбуренных (и взорванных) блоков может быть более детально оценена на основе шламового (геофизического и т.д.) опробования. Некоторые участки горизонтов

могут быть более точно охарактеризованы информацией шламового и др. опробования вышележащих уступов. Понятно, что такой дополнительной информацией пренебрегать не следует, поэтому месячный план составляется с учетом всех имеющихся и доступных данных.

Иногда в оставшееся время требуется выполнять различные промежуточные планы, расчеты (квартальный, полугодовой и т.д. планы), которые могут требоваться высшим руководством или контролирующими органами. Эти «необязательные и нерегулярные» планы представляют собой обычно детализацию и частичную модернизацию смежного плана верхнего уровня.

Далее следует недельно-суточное планирование, которое представляет собой чаще всего расшифровку и детализацию месячного плана в части распределения объемов производства по сменам, бригадам и операциям с учетом соблюдения графиков планово-предупредительного ремонта и обслуживания горного оборудования. Такой план обычно не требует глубокого профессионализма и составляется в короткие сроки одним из инженеров производственно-технического отдела рудника.

После того, как планы разработаны и утверждены все намеченные планы, начинается работа по их реализации и контроль за их выполнением. Сюда обязательной составляющей входит периодическая проверка и сопоставление качества руды в массиве (эксплуатационное опробование и блочная модель) с характеристиками всей системы рудопотоков по результатам их опробования. Очень полезным является регулярное составление баланса металлов от массива до обогатительной фабрики. Такой баланс помогает в частности разобраться с фактическим уровнем потерь металлов и разубоживанием руды.

Непосредственное управление процессом формирования требуемого качества рудопотоков производится на основе результатов детального эксплуатационного опробования руды в забое (шламовое, бороздовое, геофизическое и др.) и, часто, с использованием более подробной (с меньшим размером блоков) блочной модели обрабатываемых в данный период участков месторождения. Специальная служба (обычно отдела главного геолога) «GRADE CONTROL» ежемесячно составляет задание горным бригадам на добычу руды из различных забоев рудника с соблюдением требуемых пропорций смешивания и усреднения рудопотоков.

Концепция преемственности планов предусматривает, что при использовании информационных технологий изменения (коррективы), сделанные на любом уровне планирования, вызывают автоматический пересчет всех планов, на которые эти коррективы оказывают влияние. Например, если в плане текущего месяца произошло отклонение тоннажа и качества добываемой руды от показателей, заложенных в планах верхнего уровня, то эти планы автоматически пересчитываются в соответствии с реальной действительностью.

9.2. Годовое планирование

Ниже приведен примерный состав годового плана горных работ по карьере, который был сформирован для одного из казахстанских карьеров на основе блочной модели месторождения. Документ был составлен иностранным горным консультантом, имеющим большой опыт компьютерного планирования горных работ.

- 1. Резюме плана**
- 2. Введение**

Основной вариант плана рассчитывается на производство концентрата в объеме 1.2 млн.т в год. План является долгосрочным, и имеет точность +/- 20% по сравнению с ранее утвержденным пятилетним планом.

- 3. Предположения по основному варианту**

- а. Геологическая модель месторождения**

Используемая геологическая модель разработана компанией Микромайн. Она состоит из основных блоков размером 6*6*6 м, которые в местах со сложной геометрией разбиты на подъячейки 2*2*2 м. Модель содержит характеристику пяти типов руды и трех типов пустых пород: рыхлые, окисленные и первичные. Кроме того, в каждом блоке модели содержится информация о содержаниях металлов, плотности и других характеристиках руд и пород.

Модель разработана специально для долгосрочного планирования. Для средне и краткосрочного планирования используются другие (более подробные) блочные модели этого же месторождения. В течение этого этапа планирования была использована старая классификация окисленных и первичных руд, т.к. новые данные еще не были готовы.

b. Исходная топография

Для плана использована съемка карьера по состоянию на __/__/__. Результаты съемки были преобразованы в каркасную модель и объединены с блочной моделью для подсчета тоннажа и качества руды.

c. Геотехнические параметры

Геотехнические параметры (табл. 9.1) приняты по результатам исследований специализированных организаций.

Табл. 9.1. Геотехнические параметры карьера, принятые в годовом плане.

Сектор борта карьера	Макс. высота нерабочего		Угол откоса борта (град)	Ширина бермы (м)
	Высотные отметки	уступа (м)		
Северный борт	-100 - +10	36	55	12.1
	+10 - +105	24	50	11.4
	+105 - +243	24	40	19.9
	>+243	12	35	12.8
Восточный борт	-100 - +50	36	55	12.1
	+50 - +210	24	50	11.4
	+210 - +310	24	40	19.9
	>+310	12	35	12.8
Южный борт	-100 - -10	36	60 (55)	12.1
	-10 - +140	36	55	12.1
	+140 - +275	24	40	19.9
	>+275	12	35	12.8
Западный борт	-100 - +45	36	55	12.1
	+45 - +180	24	50	11.4
	+180 - +345	24	40	19.9
	>+345	12	30	16.4

Ширина берм рассчитана с использованием угла откоса уступа 70 градусов.

Углы откоса борта карьера были приняты, исходя из результатов оптимизации конечных контуров карьера и установленных этапов его отработки (pushbacks) Они были согласованы с Советом Директоров компании и главным ее экспертом по горным вопросам.

Были также согласованы контуры контактов рыхлых, окисленных и первичных руд и пород, которые оказывают значительное влияние на экономику компании.

d. Технологические параметры переработки руды

e. Экономические параметры плана

f. Производственный график работы обогатительной фабрики

В план заложена следующая производительность ОФ по первичной руде:

Январь-Август 36,000 т

Сентябрь. 36,000 т

Октябрь. 50,000 т

Ноябрь. 50,000 т

Декабрь. 50,000 т

С Января сл.года 83,000 т или 1.00 млн. т в год

Окисленные руды добываются попутно с добычей первичных руд.

g. Проектирование карьерных автодорог

h. Расчет ширины рабочих площадок на уступах карьера

i. Нормативы разубоживания и потерь руды

4. План развития горных работ:

a. Вскрытие и подготовка новых горизонтов

- b. *Годовые объемы добычи руды*
 - c. *График подачи руды на фабрику*
 - d. *Прогноз производства концентрата*
 - e. *Объемы рудных складов*
 - f. *Формирование породных отвалов*
 - g. *Расчет водопритока и карьерного водоотлива*
- 5. Требования к технологическому оборудованию**
- a. *Расчет производительности оборудования*
 - b. *Анализ профиля трассы карьерных автодорог*
 - c. *Требования к основному оборудованию*
 - d. *График замены оборудования*
 - e. *График капитальных затрат на покупку нового оборудования*
- 6. Оценка эксплуатационных затрат**
- a. *Расчет необходимого количества расходных материалов*
 - b. *Требования к производственному персоналу*
 - c. *Графики поставки основных расходных материалов*
 - i. *Взрывчатые материалы*
 - ii. *Топливо и энергия*
 - iii. *Автомобильные шины*
 - iv. *Буровые долота и коронки*
 - d. *График эксплуатационных затрат*
- 7. Таблица основных показателей годового плана**
- 8. Особые (специфические) проекты**
- 9. Анализ денежного потока наличности**

Приложение: Планы и разрезы по карьере и модели месторождения (рис. 9.1 и 9.2) .

Конечно, приведенный состав годового плана развития горных работ отражает специфику данного предприятия и лишь в общих чертах отражает состав и характеристику данного вида планирования. Понятно, что в таком объеме план должен составляться всеми службами рудника, включая экономистов, финансистов и обогатителей.

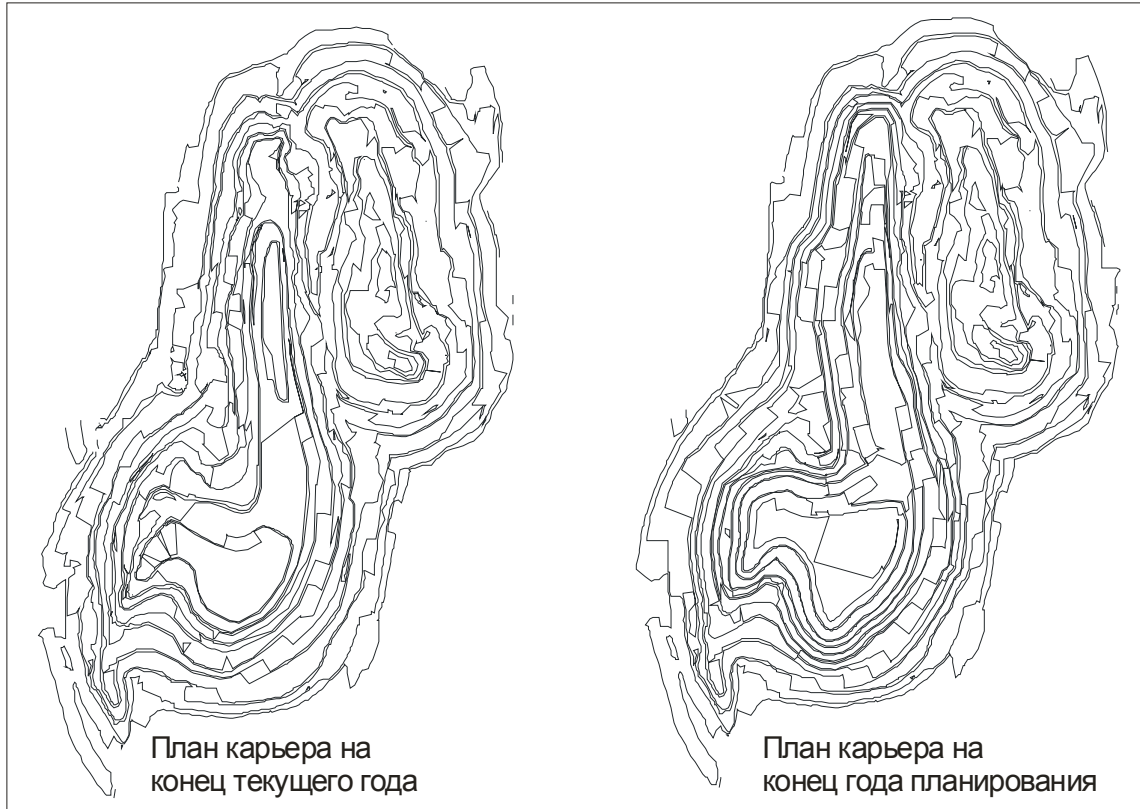


Рис. 9.1 Общий план развития горных работ в карьере на год

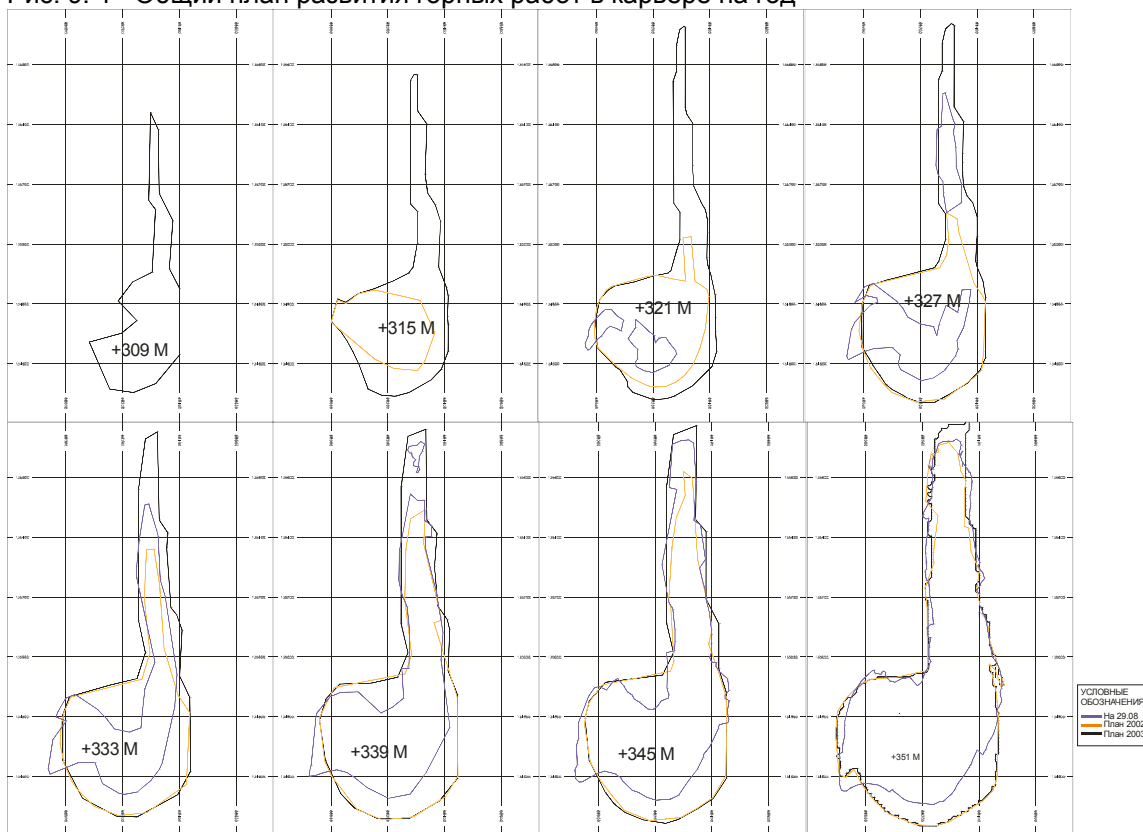


Рис. 9.2 Планы некоторых горизонтов карьера с границами годовой отработки

Что касается горной части плана, то, исходя из утвержденной концепции развития карьера (перспективный, пятилетний план и т.п.) на блочной модели месторождения намечается несколько вариантов развития горных работ, каждый из которых оценивается с точки зрения требований к тоннажу и качеству руды, поставляемой на переработку, условий безопасности, производственных затрат.

При этом может использоваться:

- специальное программное обеспечение для оптимизации годового календарного плана (например, NPV Scheduler) по выбранному критерию (см. главу 7)
- программы и модули для планирования горных работ, входящие в состав интегрированных систем (см. раздел 9.5)
- интерактивный процесс каркасного моделирования карьера на конец следующего года с последующим подсчетом тоннажа и качества запасов руды, попадающих между годовыми смежными оболочками (моделями) карьеров на конец текущего года и на конец следующего.

Таким образом, определяются запасы руды в недрах, подлежащие отработке в планируемом году. Количество товарной руды, поступающей на переработку, определяется с учетом обоснованных и принятых нормативов потерь и разубоживания.

После рассмотрения альтернативных вариантов годового плана выбирается основной вариант, который в наибольшей степени отвечает интересам акционеров компании.

9.3. *Месячное планирование*

Обычно на руднике ежемесячно делается 3-х месячный план. Первый месяц в нем отражен очень подробно, остальные - концептуально. Перед началом планирования основная блочная модель обновляется по результатам анализа проб, взятых из взрывных скважин в процессе бурения, других данных эксплоразведки и доразведки месторождения. На составление месячного плана уходит обычно 2-3 дня. За это время горный планировщик:

- обновляет блочную модель с учетом новой информации,
- проверяет соответствие предыдущего 3-х месячного плана реальной ситуации и вносит в этот план коррективы
- подбирает участки действующих уступов для размещения выемочных блоков на предстоящие 3 месяца и подсчитывает по ним запасы руды,
- проектирует (при необходимости) вскрытие и подготовку нижележащих горизонтов, размещает новые съезды и перемещает действующие, если это необходимо,
- рассчитывает объемы товарной руды с учетом разубоживания и потерь, а также тоннажи и качество руды для каждого рудопотока и склада руды; формирует окончательный поток на обогатительную фабрику, используя принятые схемы усреднения качества руды
- рассчитывает породные грузопотоки и порядок формирования отвалов
- формирует основные таблицы, планы и разрезы карьера; на первый месяц подробно, на последующие 2 месяца – только общие контуры и основные показатели.

Кроме горной части месячный план имеет все необходимые разделы, связанные с нормальной работой рудника: расход материалов и производственные затраты, график планово-предупредительного ремонта оборудования, график работы обогатительного производства и т.д. и т.п.

После согласования плана со всеми заинтересованными службами и утверждения его руководством компании он становится «законом» и подлежит безоговорочному выполнению. Конечно, в жизни горного предприятия случается масса непредвиденного, когда разумно (или необходимо) своевременно внести коррективы в месячный план, но такая практика не должна быть достаточно частой.

9.4. Недельно-суточное планирование и управление горным производством

Недельно-суточный план составляется инженером карьера. На рис. 9.3 приведен образец одного из вариантов такого плана, из которого видно когда и как каждый механизм должен работать в течение недели. План работы карьерного транспорта обычно составляется отдельно с учетом специфики этого вида оборудования.

Одна из основных задач управления горным производством заключается в том, чтобы поставлять на переработку постоянные объемы руды требуемого и, как правило, постоянного качества. На это должны быть направлены усилия, прежде всего геологической службы.

Ниже приводятся рекомендации по созданию системы краткосрочного планирования на одном из горно-обогатительных комбинатов, где внедрялись горные информационные технологии. Карьер отрабатывает очень сложную вертикальную свиту тонких пластов с пропластками пустых пород и множественными тектоническими нарушениями. Поэтому проблема качества поставляемой на переработку руды здесь стоит очень остро.

Целями создания системы краткосрочного планирования и контроля качества руды являются:

- поставка на переработку руды стабильного требуемого качества в плановых объемах
- сбор и хранение всей доступной геологической информации для последующего ее использования при корректировке блочной модели месторождения
- сознательное регулирование и снижение потерь и разубоживания руды.

Основными **задачами** системы являются:

- Обоснование видов эксплуатационного опробования и оценка их достоверности.
- Создание компьютерной базы данных для краткосрочного планирования, Определение порядка ее пополнения, корректировки и использования.
- Определение функций служб, участвующих в краткосрочном планировании, и системы информационных потоков между ними.
- Описание технологии ежедневного планирования добычи руды в карьере и усреднения ее на складах.
- Предложение системы контроля качества руды во всех рудопотоках и расчета фактических потерь и разубоживания руды.

Для получения дополнительной геологической информации в процессе открытой разработки месторождения используются следующие виды опробования:

- Керновое бурение скважин
- Бороздовые пробы в канавах
- Бороздовые пробы по стенке забоя
- Шламовые пробы из скважин БВР

В первых трех видах проб определяются следующие основные характеристики руды:

- Тип руды
- Текстура руды (размер прослоев руда-порода)
- Содержания Mn, Fe и CaO

При шламовом опробовании определяются только содержания металлов.

Проведенный ранее геостатистический анализ показал, что средняя вариограммная модель по месторождению имеет следующие размеры зоны корреляционного влияния (в плоскости пласта: по простиранию и падению):

- Первая структура изменчивости – 10-15 м
- Вторая структура – 80-100 м

Это дает основание считать приемлемым используемое при эксплоразведке расстояние между скважинами и бороздами по поверхности уступов 25-30 м. Расстояние между шламовыми пробами значительно меньше и зависит от размеров сети скважин БВР.

Учитывая необходимость детализации данных о текстуре руды и выборочного сгущения разведочной сети на наиболее сложных участках, желательно продолжить программу разведочного кернового бурения. Весь керн должен детально описываться (включая текстуру руды) и фотографироваться.

Бороздовое опробование в траншеях должно быть регулярным (расстояние между траншеями – не более 25-30 м). Желательно опробовать таким образом каждый блок перед его обуриванием. По результатам опробования уточняются контуры рудных тел в блоке и положение рудных скважин для повышения достоверности шламового опробования. Это позволяет также более тщательно проектировать раздельное взрывание руды и породы.

Проект размещения скважин в блоке должен выполняться после уточнения контуров рудных тел по поверхности уступа в намеченном для обуривания и взрывания блоке.

Бороздовое опробование стенок обрабатываемых рудных забоев дает ориентировочную текущую информацию о качестве отгружаемой руды. Такое опробование производится участковыми геологами по мере необходимости.

Шламовое опробование могут выполнять хорошо инструктированные машинисты буровых станков по мере бурения скважин (2 пробы по высоте каждой рудной или приконтактной скважины). Контуры рудных тел на поверхности предварительно уточняются бороздовым опробованием.

Учитывая определенную неточность информации, полученной шламовым опробованием, необходимо периодически сопоставлять его результаты с данными бороздового и кернового опробования и, по возможности, вносить в планы соответствующие корректировки.

9.4.1. Создание компьютерной базы данных для краткосрочного планирования,

Целесообразно выносить координаты всех спроектированных скважин БВР на поверхность блока с помощью маркшейдерских инструментов. Это позволит избежать опасности забуривания новых скважин в «стаканы» скважин вышележащего уступа, где могут находиться отказы.

После обуривания блока маркшейдеры делают его съемку и передают геологам по локальной сети для краткосрочного планирования горных работ. Также передаются геологам координаты всех устьев других разведочных выработок (скважин кернового бурения и борозд).

Геологическая служба ГОКа создает и поддерживает (в формате EXCEL или ACCESS) отдельные базы данных для каждого вида эксплуатационного опробования, которые регулярно (не реже одного раза в неделю) пополняются по мере поступления новой информации. В составе информации должны присутствовать следующие данные:

- Название (номер) разведочной выработки
- Координаты (X,Y,Z) устья выработки
- Номер пробы
- Интервал опробования
- Все характеристики руды
- Дата опробования

Желательно ввести в компьютер всю (или хотя бы частично) имеющуюся у геологов информацию по эксплуатационному опробованию руды за прошедшие периоды времени. Имеющиеся базы данных должны периодически сохраняться на лазерных дисках во избежание возможной потери этой информации.

Для ведения этой работы целесообразно создать в Геологическом отделе подотдел (группу) контроля качества руды, который будет заниматься компьютерным планированием добычи и контролем над выполнением планов.

9.4.2. Определение функций служб, участвующих в КП, и системы информационных потоков между ними.

Маркшейдерский отдел передает геологическому отделу по локальной сети:

- Планы предусмотренных для обурирования блоков для нанесения на них уточненных контуров рудных тел
- Планы обуренных блоков с указанием мест расположения скважин БВР – немедленно после обурирования блока
- Координаты устьев канав, скважин колонкового бурения и (по возможности) борозд по стенке рудных забоев – сразу после проходки выработок
- Планы отрабатываемых рудных блоков с границами фактической отработки за прошедшие сутки - ежесуточно

Оборудование	Смены													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
SHO1 (Экскаватор)	188-31	188-32	188-31	188-34	188-31	188-34		188-34	188-31	188-34	188-31	188-34	188-31	188-34
	1200	1500	1200	1500	1200	1500	Maint	1500	1200	1500	1200	1500	1200	1500
SHO2 (Экскаватор)	184-16	184-16	184-16	184-16	184-16	184-16	188-33	184-17	184-17	184-17	184-17	184-16	184-16	184-16
	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1200	1500	1500	1500	700	1500	1500	1500
FEL1 (бульдозер, погрузчик)	Склад	SB	Склад	SB	Склад	SB	Склад	SB	Склад	SB	Склад	SB	Склад	SB
FEL2 (бульдозер, погрузчик)	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
DRL1 (буровой станок)	184-17	SB	184-17	SB	SB	SB	184-18	SB	184-18	SB	184-18	SB	184-19	SB
DRL2(буровой станок)	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB	SB
ВЗРЫВЫ						184-17							184-18	
Руда на склад (т)	1200		1200		1200		1200		1200		1200		1200	
Руда на склад (г/т)	7.10		7.10		7.10		1.80		7.10		7.10		7.10	
Руда со склада на ОФ (т)														
Руда со склада на ОФ (г/т)														
Забаланс на склад (т)		1500	1500	3000	1500	3000		3000	1500	3000	700	3000	1500	3000
Порода (т)	1500													
Всего добыча (т)	2700	1500	2700	3000	2700	3000	1200	3000	2700	3000	1900	3000	2700	3000
Отрабатываемые блоки	Начало		План		Конец		График ППР							
Блоки:	Класс	(т)	(г/т)	(т)	(г/т)	(т)	(г/т)	Механизм	Дата	Продол- жительность	Описание ремонта			

188-31	Руда	7451	7.10	7200	7.10	251	7.10	SHO1	7-январь	6	500 часовое обслуживание.
188-32	Забаланс	1522	0.99	1522	0.99	0	0.99	TRK1	9-январь	2	Ремонт лебедки
188-33	Руда	9750	1.80	1200	1.80	8550	1.80	DRL1	9-январь	8	1000 часовое обслуживание.
188-34	Порода	10200	-	9000	-	1200	-				
184-16	Порода	18000	-	13500	-	4500	-				
184-17	Порода	5200	-	5200	-	0	-				
184-18	Руда	4560	(2.70)		(2.70)	4560	(2.70)				
Главные мероприятия											
Построить съезд к Западному отвалу с уклоном 8%, длиной 12 м Очистить территорию Южного отвала Вскрыть уступ +180 м											

Дата: _____

Составил _____

Рис.9.3. Пример недельно-суточного графика работы карьера.

Геологический отдел:

- Осуществляет все виды эксплуатационного опробования в соответствии с утвержденным регламентом
- Передает Отделу горного планирования планы намечаемых к обушиванию блоков с нанесенными на них контурами рудных тел, уточненных в процессе бороздового траншейного опробования
- Ведет и регулярно пополняет базы данных эксплоразведки – еженедельно
- Передает обновления баз данных отделу горного планирования для корректировки блочной модели месторождения - ежемесячно
- Создает паспорта забоев, планирует и контролирует отработку каждого блока с учетом соблюдения требуемых параметров карьерных рудопотоков и усреднения руды на складах – ежедневно
- Выносит на взорванные блоки (флажками, краской или лентами) границы фактического размещения разных типов руды для более четкой ориентировки машинистов экскаваторов - постоянно
- Пополняет геологические планы горизонтов с учетом фактического размещения рудных тел и содержания металлов в руде - регулярно
- Рассчитывает и контролирует фактические показатели потерь и разубоживания руды - еженедельно

Отдел горного планирования:

- По просьбе геологического отдела производит расчет оптимальных параметров сети эксплоразведки (периодичности и достоверности опробования) для разных типов опробования.
- В процессе месячного планирования предусматривает отработку рудных блоков подступами, высотой не более 6 м с использованием на них буровых станков ударного бурения (диаметр скважин – 150 мм) и гидравлических экскаваторов.
- Составляет проекты обушивания блоков БВР, предусматривая по мере возможности раздельное взрывание руды и породы, а также размещение максимально возможного количества скважин в рудной зоне с целью получения информации о качестве руды за счет шламового опробования
- Составляет и передает группе контроля качества (геологический отдел) недельно-суточные планы, составленные на основе месячных планов работы карьера.
- Ежемесячно пополняет общую базу данных по месторождению данными, получаемыми от геологов, и корректирует блочную модель для среднесрочного планирования.
- Регулярно сопоставляет плановые и фактические параметры добычи руды в карьере.

9.4.3. Ежедневное планирование добычи руды в карьере и усреднения ее на складах.

Оценка тоннажа и качества руды в блоке

После обушивания каждого рудного блока у геологов (группа контроля качества) имеется следующая информация:

- Контуров рудных тел на вертикальной стенке забоя и на поверхности уступа
- Результаты опробования руды в пределах блока (борозда в траншее, шлам скважин БВР, керновые пробы исторических и эксплоразведочных скважин)
- Маркшейдерский план размещения скважин БВР в пределах блока

Инженер по контролю качества на компьютере объединяет информацию по опробованию с маркшейдерским планом и отстраивает на нем контуры рудных тел и типов руды. Эти контуры после взрыва обозначаются на блоке с помощью специальных маркеров (разноцветных флажков, лент и т.п.) для информирования машинистов экскаваторов.

На план наносятся границы намечаемой посуточной отработки руды и породы в блоке. Программа автоматически рассчитывает плановые объемы, тоннаж и качество (содержание металлов) для всех типов руды и породы, попадающих в данный контур. Такие расчеты делаются для каждого обрабатываемого в данное время рудного блока.

При необходимости оценка качества руды в блоке может быть произведена с помощью 3-х мерной интерполяции (кригинг, метод обратных расстояний), которая будет учитывать все виды геологического опробования руды в пределах и за пределами данного блока.

Планирование суточной и недельной добычи руды в карьере с учетом складов

После того, как инженер «набрал» требуемые суточные объемы руды необходимого качества на всех доступных рудных блоках, программа автоматически рассчитывает средние характеристики карьерного рудопотока на планируемые сутки, в т.ч. тоннаж и содержания металлов для каждого типа руды.

Если эти показатели не соответствуют недельно-суточному плану, полученному от Отдела горного планирования или выходят за рамки требований обогатительной фабрики, то процесс планирования повторяется нужное число раз до получения нужных результатов (если это осуществимо при существующей обстановке в карьере). Окончательные результаты должны учитывать нормативные коэффициенты потерь и разубоживания руды, соответствующие условиям залегания руды в каждом блоке.

Имея информацию о том, сколько и какой руды будет отправлено на тот или иной склад, и зная текущее состояние этого склада, можно спланировать усреднение и движение руды на каждом складе.

Планирование рудопотока первичной руды должно предусматривать поставку на ОФ массивных и полосчатых руд в требуемом соотношении.

Сопоставление плановых и реальных показателей добычи руды

Результаты планирования периодически сопоставляются с диспетчерскими отчетами о количестве руды, вывезенной из карьера, и данными ОТК о приемке товарной руды. По результатам этого сопоставления делается ориентировочный расчет фактических потерь и разубоживания руды.

Корректировка тоннажа руды в блоках по результатам суточной добычи

Ежедневно инженер по контролю качества получает от маркшейдеров информацию о продвижении забоев рудных блоков и вносит коррективы в соответствующие суточные планы.

Понятно, что описанная система не может быть полностью перенесена на другой рудник, т.к. каждое месторождение и принятая на руднике система рудопотоков уникальны и требуют максимально творческого подхода для учета своей специфики. К сожалению, невозможно дать 100% рецепты, как создать и настроить систему планирования на каждом предприятии. Но, соблюдая общие принципы и рекомендации, рассмотренные в разных разделах этой книги, можно попытаться создать работоспособную систему планирования горных работ, которая позволит максимально увеличить эффективность работы компании и доходы акционеров в условиях ужесточающейся конкуренции на рынке металлов.

9.5. Планирование горных работ в системе Датамайн

В системе Датамайн имеются мощные средства для планирования открытых и подземных горных работ. В отличие от NPV Scheduler, эта работа главным образом производится в Окне проектирования интерактивно, а состав и детали плана формирует сам пользователь, который может сразу же оценивать результаты своей работы.

Планирование производится на точной (с подъячейками) модели месторождения. Имеются 3 функции планирования:

- Интерактивное календарное планирование
- Имитация продвижения добычных забоев
- Оптимизация усреднения руды для первых двух функций

Первая часть позволяет пользователю интерактивно создавать план из намеченных к отработке блоков горной массы. Они могут быть «отработаны» в разные периоды времени и «отправлены» по многим направлениям использования (отвал породы, ОФ, КВ или рудный склад). При этом могут контролироваться поставленные цели: среднее содержание, себестоимость добычи, время работы оборудования и т.д. Вы можете также оптимизировать свой план по одному из выбранных критериев. Ниже будет подробно описан процесс планирования и приведен пример такого плана.

Вторая часть дает возможность пользователю имитировать продвижение контуров добычных забоев на заданное расстояние с автоматическим подсчетом всех характеристик «добытой» горной массы для данного периода времени.

Третья функция дополняет предыдущие тем, что оптимизирует (методом линейного программирования) состав смеси, поставляемой из разных забоев на переработку.

9.5.1. Календарное планирование

Этот модуль дает возможность пользователю интерактивно создавать последовательность извлекаемых блоков и автоматически их смешивать в такой пропорции, чтобы достигать поставленной цели. Блоки – это контуры или каркасы, представляющие собой объемы горной массы, оцененные по блочной модели, пробам или скважинам БВР. Соответствующие команды для оценки блоков:

- **EVALUATE –ONE STRING,**
- **EVALUATE – STRING PAIR,**
- **EVALUATE – ALL STRINGS** и
- **EVALUATE – WIREFRAME**

На рисунке 9.4 показана схема последовательности операций при создании календарного плана.

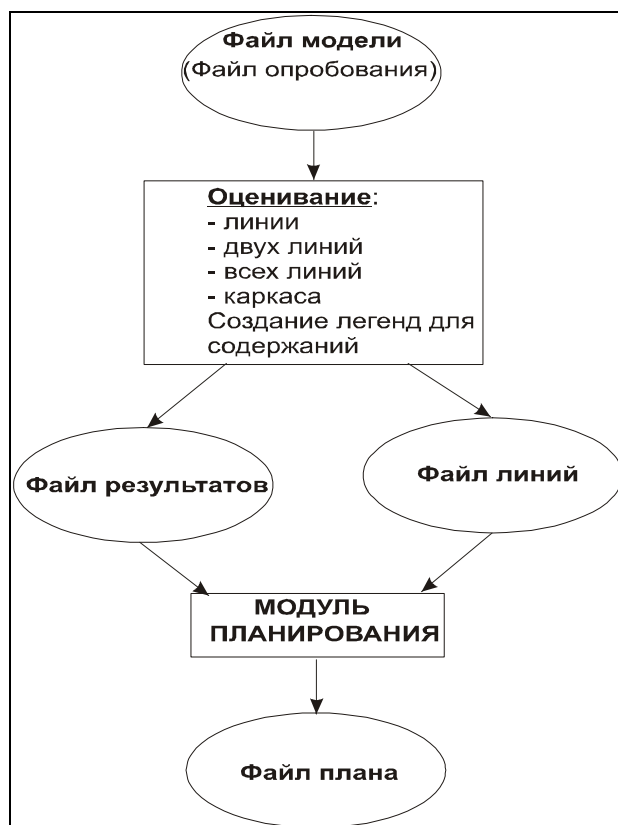


Рисунок 9.4. Схема создания плана в системе Датамайн.

Прежде всего, должен существовать файл блочной модели, по которой будет оцениваться каждый формируемый блок. Конечно, в принципе, можно выполнять оценку и по пробам, но такая оценка по точности будет уступать оценке по модели. Поэтому в большинстве случаев специалисты предпочитают работать с блочными моделями.

После загрузки модели создается легенда, определяющая классы руды, которые Вы хотите выделить в процессе планирования (Рис. 9.5). Например,

- Порода (Waste) - бурый
- Руда с низким содержанием (Low) - желтый
- Руда со средним содержанием (Marginal) - зеленый
- Руда с высоким содержанием (High) – синий
- Руда с очень высоким содержанием (Vhigh) - красный

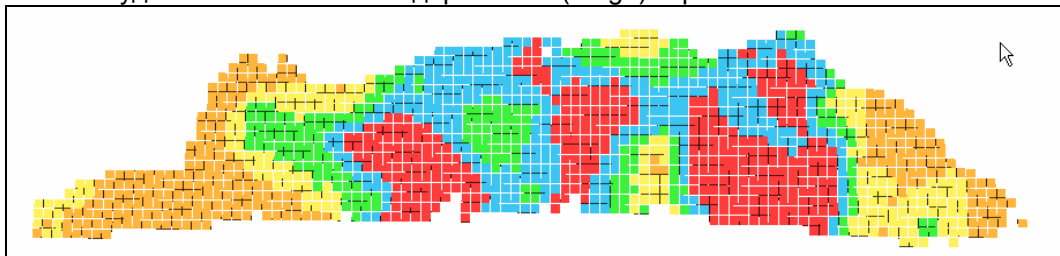


Рисунок 9.5. блочная модель участка месторождения.

Теперь надо создать контуры блоков руды, которые будут обрабатываться (рис.9.6). Это делается или с помощью команд NEW STRING или MAKE OUTLINES (для больших блоков).

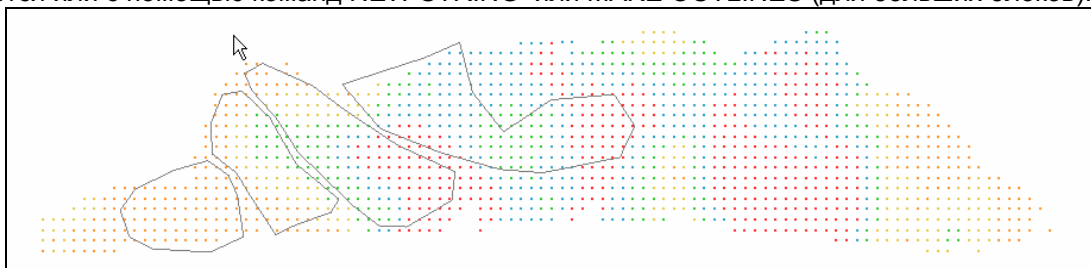


Рисунок 9.6. Контуры блоков, заданных одной линией. Модель для удобства представлена в виде облака точек.

Оценим полученные блоки с помощью команды **EVALUATE – ALL STRINGS** и получим таблицу 9.1.

Таблица 9.1. Результаты оценки блоков (слева – направо)

Блок	Категория руды	Объем, м3	Тоннаж, т	Au, г/т
1	WASTE	170284.50	468282.31	4.04
1	LOW	0.00	0.00	0.00
1	MARGINAL	0.00	0.00	0.00
1	HIGH	0.00	0.00	0.00
1	VHIGH	0.00	0.00	0.00
2	WASTE	75425.89	207421.22	6.87
2	LOW	73053.62	200897.47	9.11
2	MARGINAL	45083.56	123979.78	10.73
2	HIGH	0.00	0.00	0.00
2	VHIGH	0.00	0.00	0.00
3	WASTE	26151.75	71917.31	6.80

3	LOW	51075.80	140458.44	8.95
3	MARGINAL	90558.95	249037.14	10.93
3	HIGH	45528.30	125202.82	13.01
3	VHIGH	98379.71	270544.19	16.01
4	WASTE	598.42	1645.66	7.24
4	LOW	13246.92	36429.02	9.33
4	MARGINAL	90598.53	249145.94	11.14
4	HIGH	152888.33	420442.84	12.76
4	VHIGH	110835.70	304798.19	14.96
Всего	WASTE	272460.56	749266.50	5.09
Всего	LOW	137376.33	377784.93	9.07
Всего	MARGINAL	226241.05	622162.86	10.97
Всего	HIGH	198416.63	545645.66	12.81
Всего	VHIGH	209215.41	575342.38	15.45

В файле результатов для каждого блока будет приведена характеристика всех категорий горной массы и в т.ч. – средние значения всех показателей, используемых в оценке модели. Следующий шаг требует работы с экраном планирования (команда - SCHEDULING SCREEN). Здесь с помощью специальной панели с меню планирования задаются параметры плана:

- Направления поставки горной массы из намеченных блоков. Здесь указывается имя объекта назначения горной массы (отвал, ОФ и т.д.), целевое поле и допустимый интервал для этого поля.
- Аннотация для блоков, с помощью которой Вы можете разместить на каждом блоке информацию о проценте извлечения его запасов, времени начала и конца отработки. Необходимо указать в ответ на подсказку программы: имя поля для аннотации и положение ее относительно центра блока.
- Формулы для расчета показателей плана. Например, здесь можно указать, что тоннаж будет рассчитываться как произведение объема и плотности породы, а запасы золота – как произведение содержания на тоннаж.
- Можно по желанию классифицировать созданные Вами категории горной массы по другому признаку, например на руду и породу.
- Способ представления числовых переменных. Вы можете задать здесь для каждой переменной число десятичных знаков и степень округления (10,100,1000 и т.д.)
- Условие взаимозависимости между блоками. Часто бывает невозможно извлечь какой-то блок, пока не будет извлечен вышележащий и т.п. Вы можете создать целую последовательность взаимозависимых блоков, указав курсором те периметры, которые должны быть отработаны только последовательно. В центре блоков, отработка которых допускается, будет расположена зеленая точка, а в запрещенных блоках – красная стрелка, указывающая на предыдущий блок последовательности (рис.9.10). Можно создать много таких последовательностей, которые сохраняются в особом файле.

Теперь Вы готовы начать планирование. Чтобы быстрее освоить эту процедуру, созданы 2 специальных макроса (blnnddemo.msc и blnnddemo.cl), которые имеются на CD с документацией по системе и содержат учебный пример календарного планирования. Он рассматривает возможности сразу 2-х модулей: календарного планирования и усреднения руды. Пример включает несколько горных блоков, поверхностей движущихся забоев и 2 тоннажных зоны (или рудных склада).

Итак, запустим этот макрос, и он создаст для нас набор необходимых файлов для планирования:

- 1: SMODEL – блочная модель с 1384 записями.
- 2: STRINGS – файл линий с 328 записями.
- 3: RESULTS – файл результатов с 130 записями.
- 4: SCHEDULE – файл плана - пустой.
- 5: DEPEND – файл взаимозависимостей с 19 записями.

Запустите Датамайн и макро blnndemo.cl. На экране Вы увидите блочную модель (рис.9.7), раскрашенную в соответствии с легендой на основе поля G/T. Все созданные периметры были предварительно оценены, а результаты находятся в файле RESULTS.

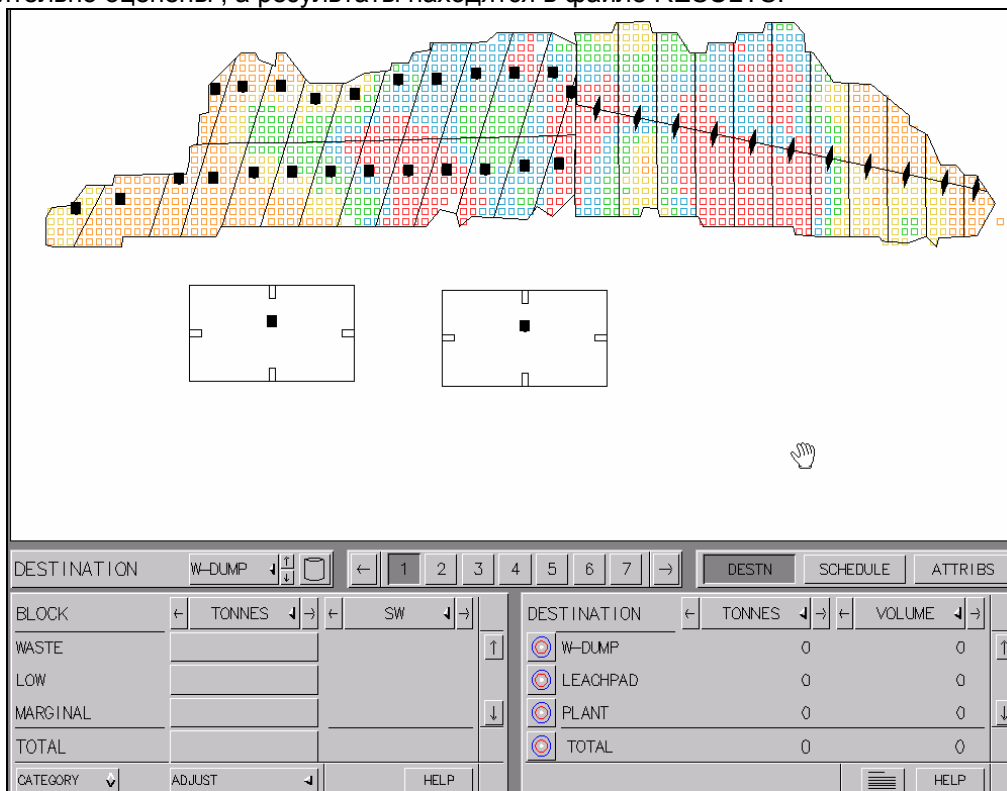


Рисунок 9.7. Вид экрана планирования после запуска макроса blnndemo.cl.

Имеется 3 сорта контуров, которые будут «отрабатываться» по разным алгоритмам:

- Блоки (вверху, слева), с помощью которых в основном ведется планирование
- Добычные забои (вверху, справа), которые подробно будут рассматриваться в следующем разделе
- Тоннажные зоны (внизу), или рудные склады

Здесь также рассматриваются 5 категорий горной массы: WASTE, LOW, MARGINAL, HIGH и VHIGH.

В нижней части экрана можно увидеть полную характеристику каждого оконтуренного периметром блока (вверху слева), если выбрать команду BLOCK - SELECT. Формат всех показываемых значений контролируется командой SET - NUMBER FORMAT.

В верхней части панели планирования (рис. 9.8) Вы можете увидеть кнопки с цифрами от 1 до 7 (число периодов по умолчанию – 30). Это периоды планирования. Нажата кнопка 1, что означает – этот период является текущим, и любая отмеченная в таком положении порция материала будет иметь в поле TIMENO файла плана величину 1.

Чтобы выбрать только часть блока, то перед помещением его содержимого в план нажмите кнопку ADJUST и введите требуемый тоннаж для этого блока.

Возможно направлять разные категории горной массы по разным назначениям. В этом примере используются: W-DUMP (Отвал породы), LEACHPAD (Кучное выщелачивание) и PLANT (Фабрика). Назначение каждого класса руды можно заранее указать с помощью команды CLASSIFY CATEGORIES (Например, для WASTE, LOW записать направление W-DUMP, для MARGINAL – LEACHPAD, а для HIGH и VHIGH – PLANT). Когда Вы выберете блок (блоки или часть блока) и затем укажете на требуемую категорию горной массы или класс (можно выбрать и блок целиком, чтобы все его содержимое было автоматически разнесено по пунктам назначения), а затем нажмете кнопку



на верхней панели, то увидите в правой части текущие результаты планирования для этого периода (рис. 9.8).

DESTINATION			← 1 2 3 4 5 6 7 →							DESTN	SCHEDULE	ATTRIBS
7 Blocks	← TONNESD ↓ →	← MG/T ↓ →										
WASTE	342600	23.80										
LEACH	0	.00										
ORE	0	.00										
TOTAL	342600	23.80										
CLASS	ADJUST	HELP										
			TOTAL			← TONNES ↓ →		← G/T ↓ →				
			WASTE			1035100		5.272				
			LOW			296400		8.935				
			MARGINAL			73700		10.546				
			TOTAL			1405200		6.322				
			CATEGORY			TOTAL						

Рисунок 9.8. Результаты планирования для периода 1.

С помощью стрелок можно получить любые сочетания для Вашего плана, а также его

графическое представление или табличную форму (кнопки  

Потренировавшись, Вы сможете быстро сформировать любой вариант нужного Вам плана. Третья опция для представления плана (кроме DESTN и SCHEDULE) – показ с помощью величин атрибут (ATTRIBS). В данном примере перед планированием были созданы 2 атрибута: MACHINE (каждому блоку были присвоены значения марок выемочной техники: M2, MAC-ONE или WT1) и ZONE (значения рудных зон для блоков: BZ1 или BZ2). На рис. 9.9. показана панель плана с указанной опцией.

← 5 6 7 →			DESTN	SCHEDULE	ATTRIBS
← MACHINE ↓ →	← TONNES ↓ →	← VOLUME ↓ →			
M2	0	0			
MAC-ONE	251100	91300			
WT1	343900	125000			
TOTAL	595000	216400			
SET VALUES					HELP

Рисунок 9.9. План с опцией ATTRIBS.

Вы могли заметить, что при некоторых Ваших манипуляциях с планом его итоговые цифры становятся красными. Это означает, что Вы превысили (или не достигли) некоторые установленные в плане ограничения по какому-то назначению горной массы или атрибуте. Для удаления назначенных ограничений введите '-' в графе «минимальное значение» и '+' - в графе «максимальное значение». Для одной переменной ограничение может быть установлено также только для минимума или только для максимума.

В данном примере, когда тоннаж руды на завод не находится в пределах 95-105 т т, а содержание – в интервале 13.1-13.6, то соответствующие цифры плана становятся красными. Это означает, что Вам необходимо добавить (или удалить) часть руды из данного назначения, чтобы установленные Вами ограничения были выполнены.

Цель может быть также установлена для любой текстовой атрибуты в соответствующей опции плана (рис. 9.9).

Тоннажные зоны – это блоки руды, для которых параметры оценки вводятся вручную, а не с помощью команд оценивания по блочной модели. Эти данные вводятся в файл результатов в таком же формате, как и для обычных блоков. Они используются для представления известных ресурсов материала, например, рудных складов, и изображаются прямоугольниками, соответствующими разным секторам склада. Создайте на экране прямоугольный контур и выберите команду «Define

Tonnage Zone» в меню «Face Advance – Setup». Затем в ответ на запрос программы Вы должны будете внести данные о тоннаже и содержании для этой зоны.

В этом примере имеется 2 таких зоны (внизу). Левая зона содержит 40 т т породы, а правая – 50 т т руды с высоким содержанием (HIGH). Перед тем, как выбрать тоннажную зону в качестве источника материала для планирования необходимо указать для нее производительность (в данном периоде) с помощью команды BLOCK - PRODUCTION RATE. Далее с тоннажными зонами обращаются также, как с блоками, имея в виду, что для каждого периода времени из них будет использовано только установленное количество материала.

Добычные забои (Mining faces) – могут быть передвинуты по мере отработки запасов, оценены по блочной модели и включены в план. Но итоги такой оценки не помещаются в файл результатов. Больше информации о специфике этого вида планирования Вы найдете в следующем разделе.

Смешивание и оптимизация извлекаемых блоков производится с помощью ручного выбора последовательности их отработки. Можно задать цели (тоннаж, содержание) для назначений руды и атрибут. Программа предлагает очень полезный инструмент (линейное программирование) для расчета количества материала из каждого блока, чтобы выдержать установленные ограничения.

Блоки для усреднения выбираются обычным способом, затем включается команда BLEND SELECTED BLOCKS, которая предлагает возможные решения. Если таковые находятся, то рассчитывается пропорция руды из каждого блока и автоматически вставляется в план текущего периода. Если решений не существует, то Вы получите предупреждение и некоторые рекомендации, как достичь решения.

Попробуйте выбрать все блоки, а затем – команду BLEND SELECTED BLOCKS и посмотрите результаты (табл.9.2). Макросом были предварительно установлены ограничения:

- W-DUMP (отвал): минимум 100 000 т
- PLANT (завод): Мин-Макс.: 95,000 - 105,000 т, Au, г/т% 13.1 - 13.6
- Атрибута BZ1: Минимум 45 000 т
- Атрибута BZ2: Минимум 45 000 т

Таблица 9.2. Результаты усреднения руды, поставляемой на завод.

Период	Отвал породы		Кучное выщелачивание		Завод	
	Тоннаж, т	Au, г/т	Тоннаж, т	Au, г/т	Тоннаж, т	Au, г/т
1	100000	3.63	32292.19	11.22	95000	13.1
2	100000	6.02	24942.38	11.67	95000	13.1
3	100000	7.15	17120.42	11.21	95000	13.1
4	100000	7.16	44510.5	11.11	95000	13.6
5	100000	5.21	14076.02	11.41	95000	13.6
6	100000	5.21	2044.99	11.3	95000	13.6
7	100000	3.63	48443.05	11.08	95000	13.6
8	100000	8.73	86228.58	10.84	95000	13.6
9	100000	7.98	16300.26	11.6	95000	13.6
10	100000	5.61	12686.07	11.03	95000	13.6
11	100000	7.16	32497.65	10.87	95000	13.6
12	100000	8.03	97984.05	11.03	95000	13.6
13	100000	5.72	54796.64	10.97	95000	13.6
14	100000	8.14	91860.66	10.89	95000	13.6
15	100000	7.97	91499.42	10.83	95000	13.6
16	100000	8.58	87078.64	10.96	95000	13.6
17	100000	8.12	94511.98	10.95	95000	13.6
18	100000	7.9	29160.89	11.12	95000	13.6
19	100000	7.04	69422.9	10.89	95000	13.6

Из таблицы видно, что программа смогла выдержать установленные ограничения только в течение 19 периодов.

Часто невозможно извлечь материал из каждого известного блока по различным причинам: блок еще не вскрыт, отсутствует рабочая площадка и т.п. В таких ситуациях можно задать программе условия, которые надо выполнить, чтобы начать отработку того или иного блока. В данном примере уже введены последовательности блоков, которые программа должна выдерживать (рис. 9.10). Посмотреть их и использовать можно командами: `DEPENDENCIES – DISPLAY` и `USE – DEPENDENCIES`.

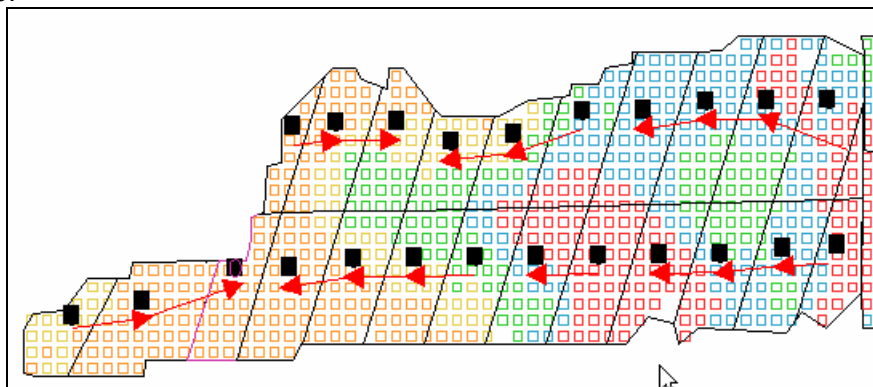


Рисунок 9.10. Последовательность извлечения блоков в примере.

Вы легко сможете создать новую последовательность и удалить существующую с помощью соответствующих команд меню.

Селективная отработка (Selective Mining) блоков может быть использована при оптимизации усреднения добываемой руды. Эта возможность включается командой `USE - SELECTIVE MINING`. В данном примере она выключена. Этот режим предполагает, что из каждого блока берется одинаковая пропорция каждой категории горной массы (например, 20% для 5-и категорий). Когда опция включена, то из каждого блока берется произвольная доля каждой категории для того, чтобы получить требуемое решение. Этот путь быстрее ведет к успеху, но надо помнить, что в этом случае должна существовать техническая возможность тонкого разделения руды в блоке.

Можно также включать и добычные забои в программу усреднения. Это делается командой `USE – FACE ADVANCE`, после использования которой Вы сможете использовать в формируемых смесях материал из движущихся добычных забоев. Эта возможность позволяет Вам очень гибко оперировать ресурсами и в большинстве случаев получать приемлемые решения.

Нет никаких проблем, чтобы использовать и тоннажные зоны в создании оптимального плана. Они включаются в план так же как блоки.

Кроме задания ограничений для назначений руды и атрибут, Вы можете установить дополнительный критерий оптимизации, например, - максимизировать тоннаж руды из зоны 2. В этом случае Вы должны установить для атрибуты `ZONE BZ2` одинаковые значения минимума и максимума в виде '+'. Аналогично, для минимизации в обеих полях таблицы используется символ '-'. Отметьте, что для одного расчета Вы можете использовать только один критерий оптимизации. Вид экрана в процессе формирования оптимального плана показан на рис. 9.11.

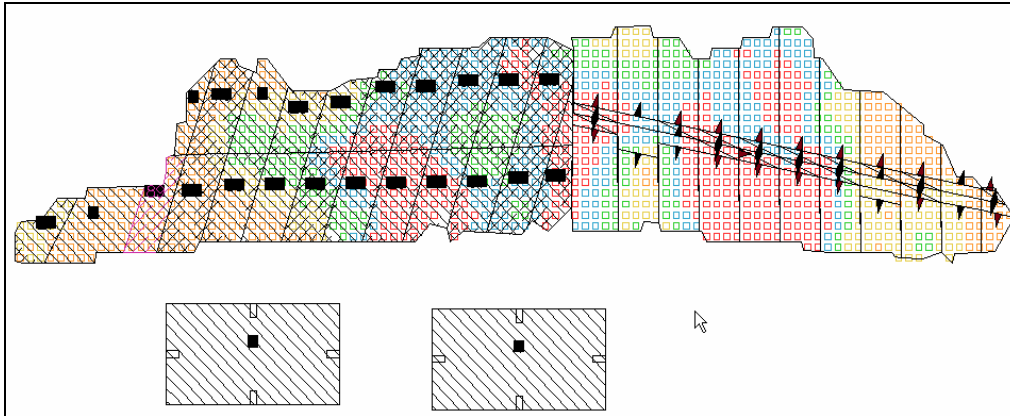


Рисунок 9.11. Вид графического экрана в процессе планирования.

9.5.2. Автоматическое перемещение добычных забоев

Эта технология позволит Вам имитировать продвижение добычных забоев с заданным темпом и поэтапно оценивать результаты этого продвижения. Как и предыдущая методология, данная возможность применима как для открытых, так и для подземных рудников. Она будет рассмотрена также на достаточно простом примере. Детальное описание всех используемых при этом команд приведено в документации по этому модулю (Face Advance).

Этот модуль может быть применен в большом количестве ситуаций. Сюда можно включить имитацию продвижения забоев складов, отвалов и т.д., а также использовать эту технологию в разных видах планов: от краткосрочных до перспективных. Сначала создаются контуры выемочных блоков с отрезками, изображающими линии забоев (их может быть несколько на блок). Забой может состоять также из нескольких отрезков. Каждому забойу назначается производительность. После продвижения линии забоя в процессе планирования каждый раз создаются 2 новых периметра: отработанная и неотработанная части блока. Первый периметр оценивается по блочной модели, а итоги записываются в файл результатов.

Некоторые особенности модуля:

- Автоматическая оценка после любых продвижений забоя
- Автоматическое продвижение забоев при изменении периода планирования
- Остановка продвижения любого забоя в любое время при необходимости (остановка оборудования, выходной и т.п.)
- Возможность изменять скорости продвижения забоев по периодам планирования
- Забои двигаются перпендикулярно к начальной линии или в направлении, параллельном какой-то стороне «родительского» периметра
- Продвижение забоев происходит на заданное расстояние или с учетом заданного тоннажа
- Можно отменять сделанные операции
- С помощью аннотации на экране можно контролировать период и процент отработки блока
- Можно «отрабатывать» один блок в течение многих периодов
- Индивидуальные параметры блоков легко устанавливаются и редактируются
- Все результаты планирования сохраняются в специальных файлах
- Можно задавать переменную календаря.

Дальнейшее изложение производится на основе специального примера, который запускается макросом famdemo.cl. В созданной в предыдущем примере базе данных имеется файл линий FAMSTRG, содержащий 165 записей. После того, как макрос отработал, на экране появится следующая картина (рис. 9.12).

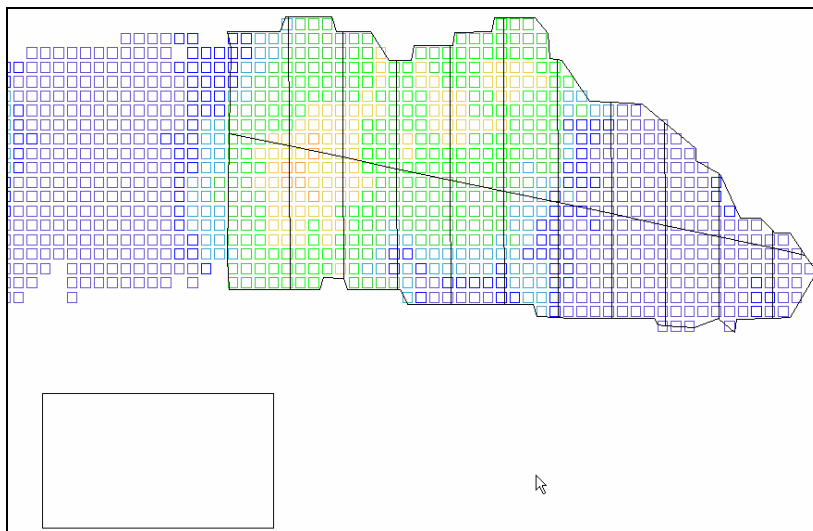


Рисунок 9.12. начальный экран примера.

Длина каждого оконтуренного блока примерно 200 м. Для удобства размер символов точек линий установлен равным 0.

Перед планированием с помощью команды SET – CALENDAR обычно задают календарь, где устанавливают число плановых периодов времени и продолжительность каждого периода в единицах времени. Например, для задания года введите 12 периодов, продолжительностью 4 недели каждый и 1 период, продолжительностью 3 недели:

```
Enter number of calendar periods ..... [ 12.0 ] 12
Enter number of time units per period ... [ 1.0 ] 4
Continue with more calendar data? .(Y/N) [ N ] Y
Enter number of calendar periods ..... [ 12.0 ] 1
Enter number of time units per period ... [ 1.0 ] 3
```

Для каждого периода Вы должны задать расстояние продвижения забоев. Необходимо также (командой FACE – SELECT) выбрать активные забои, которые будут отмечены треугольником (рис.9.13). Острый угол треугольника показывает направление продвижения забоя. Вместе с направлением задается скорость продвижения забоя в единицу времени (по умолчанию – 10 м).

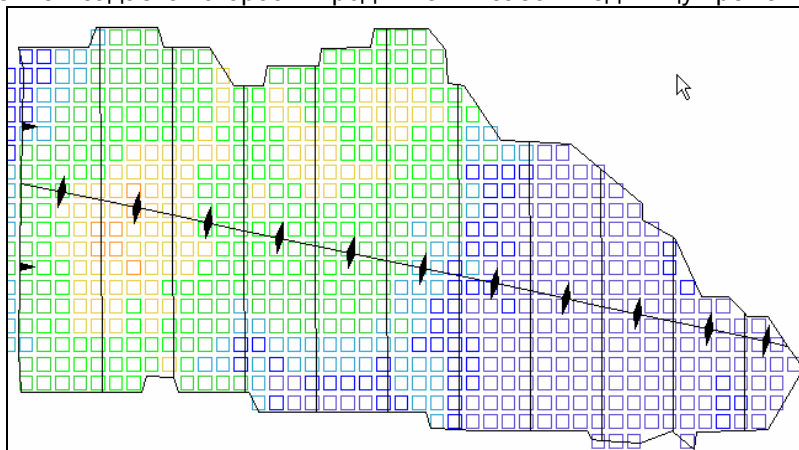


Рисунок 9.13. Задание активных забоев.

Номер забоя будет автоматически присвоен всем вершинам данного периметра. Кроме того, периметру будет присвоен уникальный номер в поле GROUPID. Эти изменения будут сохранены в памяти только тогда, когда Вы выберете команду WRITE ALL STRINGS. На рис. 9.14 показан пример продвижения забоев на заданное количество периодов с односторонней и 2-х сторонней обработкой. Каждый раз после единичного продвижения программа создает в каждом блоке 2 периметра: отработанный и неотработанный. Первый периметр оценивается по блочной модели. Для точной

оценки таких продвижений Вы должны будете задать расстояния проецирования Ваших периметров вниз и вверх от плоскости экрана, чтобы создать каркас пространственного объема.

Расстояние проецирования периметров может быть изменено в любое время командой SET – EVALUATION.

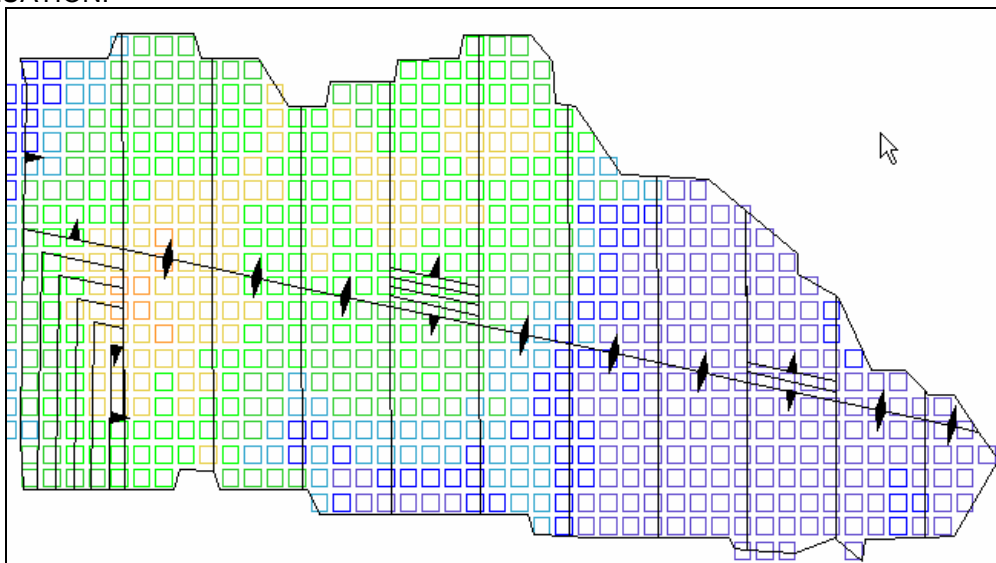


Рисунок 9.14. Пример продвижения выбранных забоев

Кроме команд MINE – ONE PERIOD (продвижение на один период) и MINE – MULTIPLE PERIODS (продвижение на несколько периодов) Вы можете использовать автоматический режим (команда AUTO PROGRESS). В этом случае все забои будут продвинуты на указанное расстояние, когда Вы перейдете к следующему периоду планирования (команда CHANGE PERIOD).

Возможно отменять выполненные в окне планирования действия командой FACE – UNDO MINING. Для того, чтобы двигать забои строго перпендикулярно стороне добычного блока с помощью опции SET –ADVANCE METHOD (рис. 9.15).

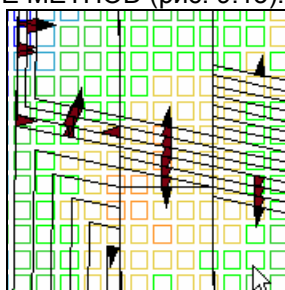


Рисунок 9.15. Пример разворота плоскости забоя перпендикулярно стенке блока

Чтобы смоделировать периоды, когда забои не будут в работе (например, из-за обслуживания оборудования и т.п.) используется команда FACE - STOP MINING. Она позволяет остановить продвижение отдельных забоев и во же время выбирать и двигать другие, активные. Неактивные забои обозначаются полым треугольником, а не заполненным как активные.

Вы можете использовать в качестве движущихся забоев и тоннажные зоны, которые представляют собой объемы с известными содержаниями и тоннажем. Они могут быть представлены периметрами любой формы, размещаемыми в любом месте экрана. Они вводятся в процесс командой DEFINE TONNAGE ZONE. Далее Вы должны будете выбрать периметр, тоннаж, содержание и файл результатов для тоннажной зоны.

Вначале зона остается неактивной и показывается в виде периметра. Вы можете активизировать ее, выбрав активную (передвигающуюся) сторону командой FACE –SELECT и указав обрабатываемый тоннаж в единицу времени. Далее Вы можете двигать ее забой также как другие. Отработанное пространство будет отмечаться штриховкой (рис. 9.16).

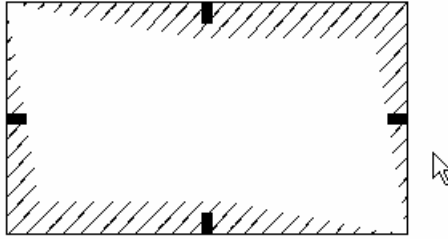


Рисунок 9.16. Вид обрабатываемой тоннажной зоны

Все обрабатываемые объемы могут быть аннотированы с помощью не более чем 3-х полей и команды SET –ANNOTATION. Надписи помещаются в выбранной позиции внутри обрабатываемого блока или тоннажной зоны.

Производительность обработки блоков и зон можно менять командой FACE - PRODUCTION RATE. Чтобы изменить производительность в уже обработанных блоках, выемка из них должна быть отменена и возобновлена после изменения параметра скорости продвижения.

Продолжение продвижения остановленных забоев можно командой FACE – SELECT и т.д. Если Вы хотите сразу продвинуть забой на заданное количество шагов (периодов), то следует пользоваться командой MINE – MULTIPLE PERIODS.

Выполняя вышеописанные операции можно достаточно легко и быстро составить требуемый план.

9.6. Планирование горных работ с использованием анимации.

Несколько лет назад появились компьютерные программы для планирования горных работ, которые успешно использовали анимацию в сочетании с имитационным моделированием. Одним из энтузиастов этого направления является американский горный инженер John R. Sturgul [2]. Программы такого рода помогают решать задачи типа, «что произойдет, если... (купить новый самосвал, начать обрабатывать участок залежи с богатыми рудами и т.д.).»

Система Джемком предлагает использовать с этой целью новый модуль календарного планирования, который позволяет имитировать различные производственные ситуации и оценивать их экономические последствия. Модуль может быть использован для краткосрочного и долгосрочного планирование развития открытых горных работ. В ближайшее время должен выйти аналогичный инструмент для планирования подземных рудников.

Последовательность операций по планированию (рис. 9.17):

- Ввод исходных данных, описывающих горные работы и парк оборудования
- Формирование последовательностей обработки выемочных блоков для каждой из вовлеченных машин
- Расчет технико-экономических последствий в соответствии с описанным сценарием
- Анализ результатов имитации, получаемых в виде таблиц, графиков, диаграмм
- Внесение изменений в сценарий, повторение расчета...

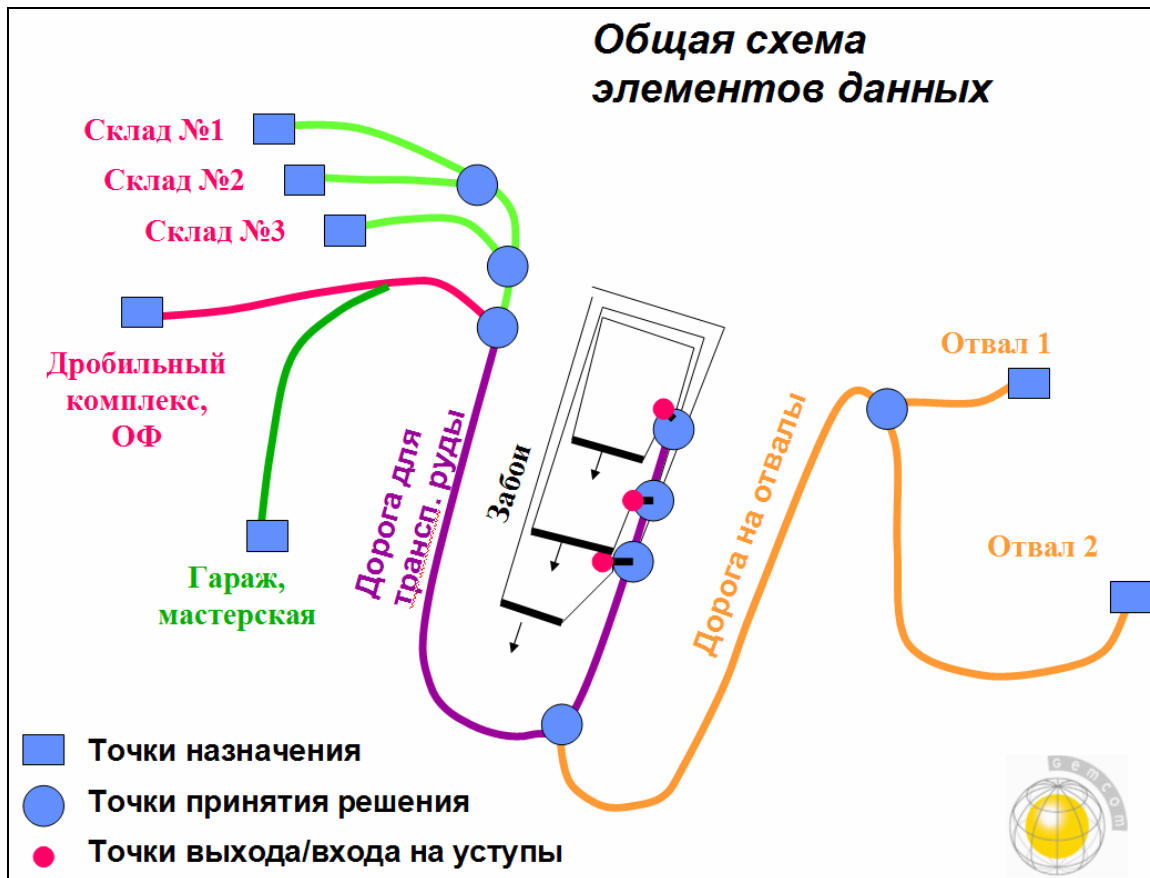


Рис. 9.17.

В процессе подготовки исходных данных определяются:

- пункты выполнения работ на уступах
- маршруты движения и пункты назначения для различных типов горной массы
- типы и производительность используемого оборудования
- рабочий календарь, график ППР, время цикла оборудования и т.д.
- ограничения на последовательность и объемы выемки

Планируемые показатели:

- Тоннаж разных типов горной массы
- Содержания металлов, другие показатели качества руды
- Коэффициент вскрыши

Итоговая финансовая информация:

- Получаемый доход
- Себестоимость эксплуатации оборудования
- Накладные расходы
- Штрафы
- Налоги и платежи

Литература

1. Инструкция по согласованию годовых планов развития горных работ. Утверждена постановлением Госгортехнадзора РФ от 24 ноября 1999 г. N 85
2. Mine Design: Examples Using Simulation. John R. Sturgul., SME, 2000, 380 p

10. Формирование требуемого качества рудопотоков горного предприятия

Главная функция горного предприятия заключается в преобразовании трехмерного (пространственного) массива месторождения в практически одномерные (временные) потоки полезного ископаемого, некондиционной руды и пустой породы.

При этом горный процесс должен быть организован таким образом, чтобы на выходе системы достигалась требуемое потребителями данной продукции качество руды при минимальных затратах на ее добычу, включая возмещение ущерба окружающей среде.

В некоторых случаях, на наш взгляд, полезно абстрагироваться от технологии, механизации горных работ и рассмотреть ГОРНОЕ ПРЕДПРИЯТИЕ как СИСТЕМУ ДИНАМИЧЕСКИХ ПОТОКОВ горной массы и главным образом - систему потоков полезного ископаемого или РУДОПОТОКОВ. Главной целью такого анализа является оптимизация качественных характеристик поставляемого потребителям сырья.

Горные предприятия имеют свою ярко выраженную специфику, главные черты которой: постоянное перемещение производственного процесса в пространстве и уникальность каждого вида добываемого полезного ископаемого. На продукцию горных предприятий как правило отсутствуют государственные стандарты, поэтому каждый карьер или шахта должны сами оптимизировать и добиваться требуемого уровня качества поставляемой потребителям руды.

В общем виде основная задача горного предприятия выглядит следующим образом. На входе в систему имеется трехмерный массив (объект) с известной (с вероятностью $N, \%$) функцией распределения в нем полезных компонентов. Необходимо смоделировать такую систему рудопотоков, при которой суммарный поток будет соответствовать (по качеству и интенсивности) требованиям потребителей, а затраты на создание и эксплуатацию системы будут минимальные.

Многие проблемы, рассматриваемые в настоящей работе, не являются открытием автора. Они неоднократно рассматривались в трудах Ершова В.В., Ржевского В.В., Хохрякова В.С., Хейта Ф., Вола М., Мартина Б., Альтшуллера В.М., Цехового А.Ф., Чаплыгина Н.Н., Давидковича А.С., Грачева Ф.Г., Новожилова М.Г. и многих, многих других исследователей и специалистов [1-24].

Но поскольку полученные разными авторами результаты часто относились к различным областям знаний (геологии, маркшейдерии, горному делу и рудничному транспорту, компьютерной технологии и прикладной математике, экономике и др.), то автор взял на себя смелость обобщить уже имеющийся опыт и попробовать систематизировать его итоги.

10.1. Характеристика рудопотока

Все виды горного производства основаны главным образом на перемещении извлекаемого из недр полезного ископаемого и некондиционных (пустых) пород. Формирование рудопотоков, обеспечивающих требуемые объемные и качественные показатели работы рудников, является конечным результатом взаимодействия всех технологических процессов добычи руды. Транспортные потоки горных предприятий называют ГРУЗОПОТОКАМИ или РУДОПОТОКАМИ, имея в последнем случае в виду всю транспортируемую карьером или шахтой горную массу.

Поскольку первоочередной целью горного предприятия является все же добыча руды, то более пристальное внимание при управлении производством привлекают транспортные потоки полезного ископаемого, т.е. РУДОПОТОКИ, с которыми прежде всего связан процесс управления качеством продукции на предприятии.

В данной работе автор придерживается более распространенной в последнее время терминологии и применяет наиболее близкий для специфического горного производства термин - РУДОПОТОК. Кроме того, в ней рассматриваются главным образом проблемы, связанные с качеством руды, а следовательно - с потоками полезного ископаемого, т.е. - с рудопотоками.

Итак, единичный РУДОПОТОК - это непрерывная или дискретная последовательность порций горной массы, определенного качества, перемещаемая в пространстве между двумя (начальным и конечным) пунктами.

Рудопотоки связывают воедино все технологические процессы добычи руды. Число элементов в системах рудопотоков крупных рудников достигает 100-1000. Система рудопотоков горного предприятия представляет из себя граф, в котором узлами изображены все пункты, где поток

преобразуется (изменяет значение) хотя бы по одному показателю, а связями - отрезки пространственных трасс рудопотоков между смежными узлами. (Рис.10.1)

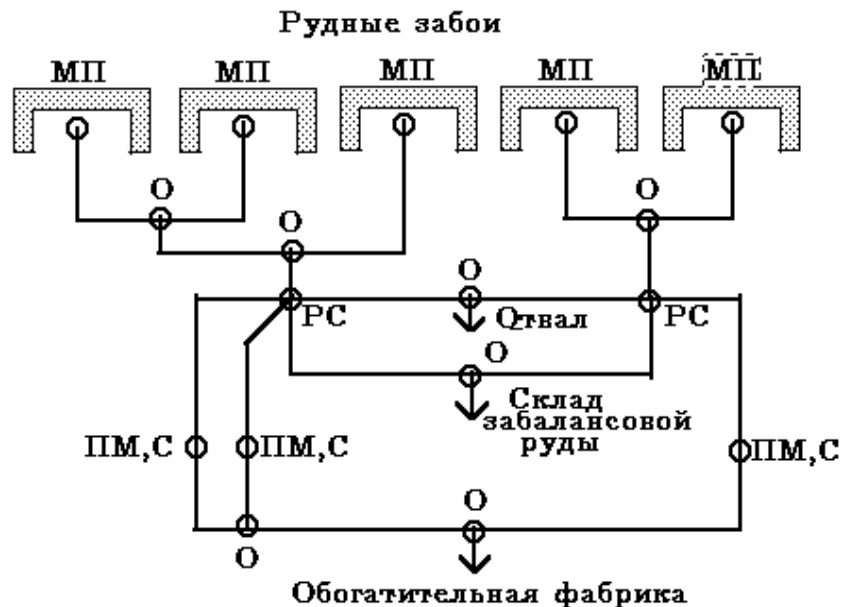


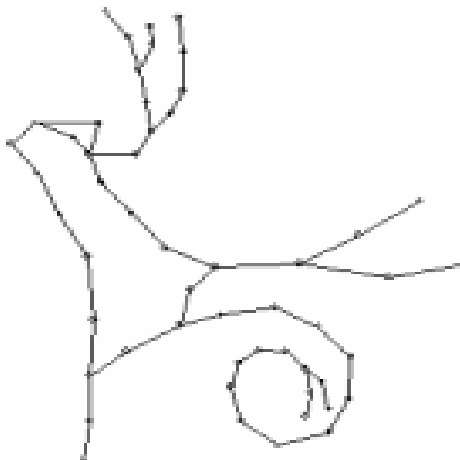
Рис. 10.1. Схема рудопотоков карьера

На рисунке изображена схема рудопотоков небольшого карьера, где руда из забоев направляется сначала на рудоконтрольные станции, после которых поставляется в зависимости от содержания железа или в отвал, или на склад забалансовой руды, или на 3 перегрузочно-усреднительных склада, из которых экскаваторами отгружается на Обогатительную фабрику. Буквами на схеме обозначены типы преобразования рудопотоков:

- МП - преобразование "массив-поток"
- ПМ - преобразование "поток-массив"
- О - объединение потоков
- РС - разделение рудопотока по сортам
- С - перемешивание руды на складе

Значение этих типов преобразования рудопотока будет объяснено в следующих разделах. Каждый узел графа (или системы рудопотоков) имеет пространственные координаты и характеризуется (в общем случае) функцией преобразования рудопотока. Каждая связь характеризуется неизменными параметрами рудопотока.

Можно изобразить схему рудопотоков как схематично (на плоскости), так и в 3-х мерном пространстве с реальными координатами (Рис.10.2)



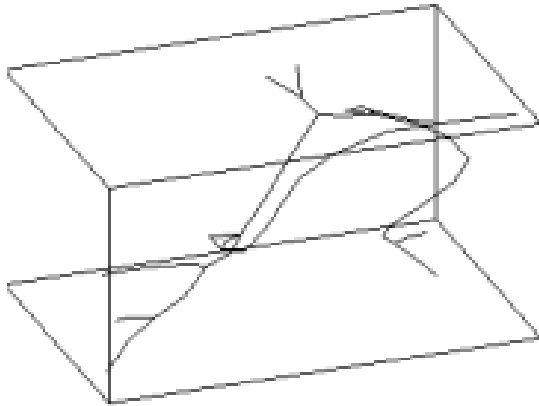


Рис.10.2. Трассы рудопотоков карьера, слева - проекция на горизонтальную плоскость, справа - изометрическая проекция.

В большинстве случаев система рудопотоков имеет сходящийся вид, т.е. добытое из разных забоев полезное ископаемое постепенно объединяется в единый поток, поступающий на переработку. Однако в отдельных местах схемы могут быть расходящиеся части, связанные обычно с сортировкой и разделением потока сырья.

Поскольку рудопоток - это понятие, тяготеющее к транспорту, то его характеристики и свойства могут быть рассмотрены с позиций ТЕОРИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ, которая развита в работах Хейта Ф.,Дрю, Вола М.,Мартина Б. и некоторых других ученых [2-6].

Наиболее важное значение имеет уравнение

$$V = D * U, \quad (10.1)$$

которое является ОСНОВНЫМ уравнением транспортного потока, которое имеет смысл лишь при использовании средних (для потока) значений членов уравнения.

В работах Горного института Кольского научного Центра РАН Альтшуллера В.М., Решетняка С.П. и других [6,10] была сделана попытка описать основное уравнение потока применительно к РУДОПОТОКАМ на карьерах.

В частности были сделаны следующие определения.

Интенсивность рудопотока, (V) - это масса руды, перевозимая через данное сечение рудопотока в единицу времени, тн/час

Плотность рудопотока, (D) - это масса руды, приходящаяся на единицу пути (дороги), тн/км. Этот параметр определяется делением общего перевозимого объема руды всеми работающими автомашинами (за 1 рейс) на длину транспортирования.

Скорость рудопотока, (U) - это средняя скорость транспортных средств, км/час

10.2. Уравнение рудопотока с учетом качества руды.

Главной смысловой нагрузкой рудопотока на горных предприятиях является качество руды, которое как правило контролируется, начиная от отдельного забоя и кончая приемным бункером обогатительной фабрики. Просто учитывать объемы перевозимой руды сегодня крайне недостаточно, понимая тесную связь показателей качества руды с ценой конечной продукции предприятия, а следовательно и с величиной получаемой им прибыли.

Поэтому предлагается в основное уравнение рудопотока ввести показатель **качества руды**. Если - это содержание полезного компонента в перевозимой руде, то интенсивность и плотность рудопотока будут вычисляться в этом случае в тоннах металла (или другого чистого продукта, извлекаемого из руды при ее переработке).

Основное уравнение рудопотока в этом случае будет иметь вид

$$V = U * Da, \quad (10.2)$$

где плотность (Da) в случае автосамосвалов определяется как

$$Da = n \cdot A \cdot a / X, \quad (10.3)$$

где: n - число машин, обслуживающих данный участок рудопотока

A - грузоподъемность машины, тн

a - среднее содержание полезного компонента в перевозимой руде, %

X - длина трассы рудопотока, км

В результате вычислений мы получим количество металла, перевезенного по данному участку рудопотока за время t. В ряде случаев такой сквозной учет и планирование непосредственно по металлу помогает быстрее ориентироваться в ситуации и выявлять источники потерь металла.

Такие расчеты желательны при планировании горных работ для каждого забоя и каждого полезного или вредного компонента добываемой руды.

Уравнение можно решать относительно количества автомашин для каждого забоя, задаваясь требуемым количеством металла и средним содержанием компонентов в руде данного забоя.

Содержание металла в итоговом (суммарном) рудопотоке, поставляемом на переработку, будет определяться простым суммированием значений, полученных из отдельных забоев.

Например, мы имеем следующую характеристику 3-х добычных забоев (Табл. 10.1., 10.2., рис. 10.3., 10.4.):

Табл. 10.1. Исходные данные по забоям

Показатели	Забой 1	Забой 2	Забой 3
Сод. FeOb, %	24.8	30.2	21.5
Сод. S, %	0.05	1.4	2.3
Сод. P, %	0.2	0.3	0.5
Число автомашин	5	7	4
Длина транспортирования, км	4	3	4.8

Средняя скорость груженых автосамосвалов в карьере - 10 км/час, грузоподъемность автосамосвала - 100 тн. Вся руда доставляется автосамосвалами на обогатительную фабрику.

Табл. 10.2. Результаты расчета рудопотоков

Показатели	Забой 1	Забой 2	Забой 3	Поток на ОФ
Плотность потока по руде, тн/км	125	233.5	83.5	442
То же по Fe	34	71.7	18	123.7
То же по S	0.06	3.25	1.9	5.21
То же по P	0.25	0.7	0.4	1.35
Интенсивность потока по руде, тыс. тн/смену	10	18.68	6.68	35.36
То же по Fe	2.72	5.74	1.44	9.9
То же по S	0.01	0.26	0.15	0.42
То же по P	0.02	0.06	0.03	0.11

Пример построен на абстрактных данных и демонстрирует возможности расчета интенсивности рудопотока с учетом качества поставляемой на переработку руды.

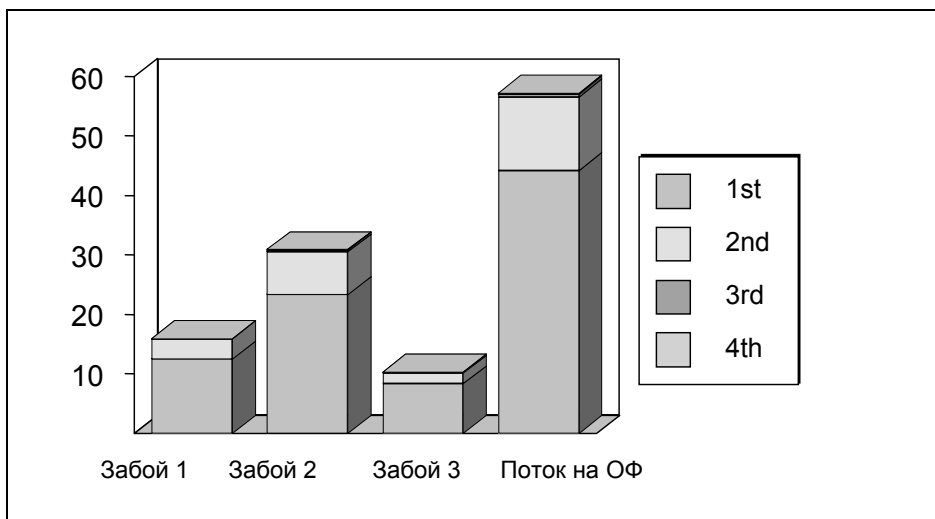


Рис. 10.3. Диаграмма Плотности рудопотоков, 1- руда, 2- Fe, 3- S, 4- P

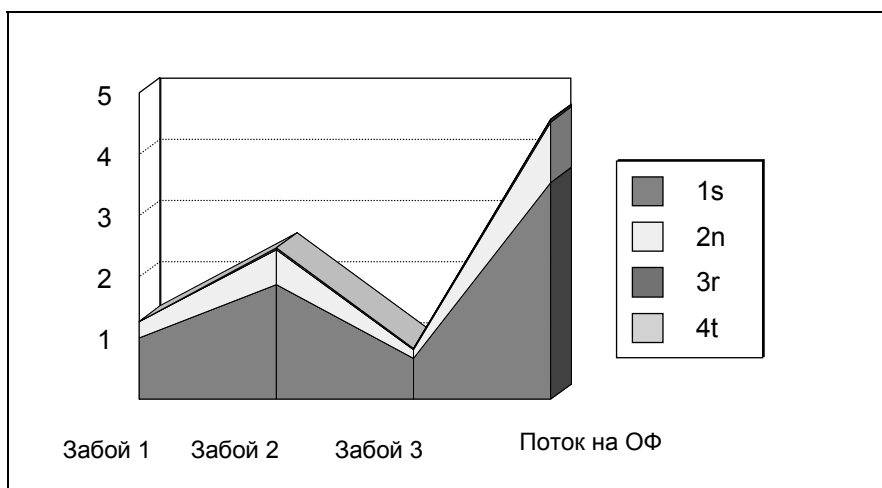


Рис. 10.4. Диаграмма Интенсивности рудопотоков, 1- руда, 2- Fe, 3- S, 4- P

10.3. Качество продукции горного предприятия

Экономическим результатом горного производства является продажа на рынке своей продукции (концентрата, металла, руды и т.п.) по максимально высоким ценам, дающим возможность получения прибыли, а следовательно - дохода для держателей акций данного предприятия. В свою очередь величина прибыли зависит от:

- ситуации и цен на данный вид продукции на рынке;
- себестоимости продукции

и **ГЛАВНЫМ ОБРАЗОМ ОТ - качества самой продукции.**

Поэтому качеству продукции уделяется самое серьезное внимание на любом производстве, в т.ч. и на горном.

Качество продукции горного предприятия формируется на всех стадиях исследования и освоения любого месторождения. Невозможно достичь высокого уровня продукции, имея некачественный проект или недостаточно подробные и корректные сведения о месторождении,

полученные в ходе его геологического изучения. Очень трудно выдержать жесткие допуски на продукцию, если используются некачественные материалы, оборудование или контрольно-измерительные приборы. Т.е. невозможно решить проблему высокого "качества" продукции в "одном, отдельно взятом колхозе", если предприятие вынуждено получать некачественное оборудование, сырье и комплектующие.

Большое значение для качества продукции имеет жесткое соблюдение регламента, производственных инструкций и нормативов, технологическая дисциплина, а также правильно организованный и соблюдаемый порядок планирования, управления и контроля технологического процесса.

Особое значение эти требования имеют в горной промышленности, где нет единых стандартов на продукцию, технологические процессы непрерывно перемещаются во времени и в пространстве, характеристики сырья на входе системы постоянно изменяются (что влечет за собой необходимость постоянной корректировки параметров всех последующих стадий производства).

ТАКИМ ОБРАЗОМ, в отличие от обычного промышленного производства СПЕЦИФИКОЙ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ ЯВЛЯЕТСЯ НЕОБХОДИМОСТЬ ПОСТОЯННОЙ **НАСТРОЙКИ** ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА.

Целью настройки является разработка технологического регламента добычи горной массы на предстоящий период (смену, сутки, неделю и т.д.) с учетом изменившихся данных о полезном ископаемом в недрах и требований Обоганительной фабрики к качеству поступающей на переработку руды. Роль настройки выполняет хорошо известная на карьерах и шахтах **система планирования**, подробное рассмотрение которой будет дано ниже.

Объектом управления качеством продукции (руды) является **процесс** его формирования, который начинается на стадии изучения месторождения и заканчивается использованием готовой продукции горного предприятия на последующих стадиях промышленного производства. Для каждого вида минерального сырья можно подробно рассмотреть все показатели качества и выяснить степень влияния на них каждой стадии цикла исследования и освоения месторождения.

Ниже приводятся только наиболее общие "недостатки" отдельных стадий, влияющие на качество добываемой руды и характерные для большинства видов полезных ископаемых.

ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ изучение месторождений. В ходе геологоразведочных работ обычно производится громадный объем исследований, составляется большое количество графических и табличных материалов. Если задание на эти работы было составлено корректно и круг изучаемых задач очерчен грамотно, то на выходе можно получить очень много действительно полезной информации.

Однако, большая часть первичной информации не используется в дальнейшем ни проектной организацией, ни специалистами горного предприятия. Это обстоятельство имеет место часто не от хорошей жизни, т.к. для обработки громадных массивов первичной информации нужны компьютеры, а они только недавно начали появляться на наших предприятиях. Кроме того, проектным институтам вообще было запрещено использовать для геолого-оценочных работ что-то иное кроме "подсчетных геологических блоков".

Наконец и сами геологические организации не могли из-за отсутствия компьютеров и необходимых специалистов (их не готовил ни один ВУЗ) качественно обрабатывать первичную геологическую информацию для получения дополнительных сведений о рудном массиве и более точной оценки запасов с помощью геостатистических методов, повсеместно используемых на Западе.

В частности, в геологических отчетах очень мало информации об анизотропии рудных массивов. Оценка запасов выполняется без использования геостатистики и в большинстве случаев приводит к завышению количества запасов металлов. Информация передается заказчику в виде отчетов со множеством ошибок, связанных с бумажной технологией. Компьютерное моделирование месторождений и геостатистическая оценка запасов в большинстве случаев не производятся.

Таким образом, получаемая от геологов информация не содержит всего требуемого набора данных, позволяющих проектным организациям и горным предприятиям с максимальной достоверностью и качеством проводить проектные и плановые расчеты.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ горных предприятий. Все проектирование ведется на укрупненной и заглубленной геологической информации, в которой единицей запасов считается "подсчетный блок". Считается, что весь такой блок (объемом в ряде случаев - десятки миллионов куб. м) сложен однородной рудой одного качества.

Государственная система учета запасов минерального сырья не позволяет гибко и часто изменять кондиции на руду, поэтому все проектирование ведется применительно к жестко утвержденным запасам для данного (утвержденного) бортового содержания полезных компонентов.

Как правило, проекты составляются задолго до начала работы предприятия и устаревают очень быстро, особенно при рыночной экономике, когда изменение цен на продукцию ведет к необходимости оперативного перерасчета практически всех основных проектных решений.

В проектах мало места отводится оптимизации системы контроля и управления качеством выпускаемой продукции. Система рудопотоков не оптимизируется, что приводит к слабому влиянию проектных решений на улучшение качества конечной продукции, а следовательно - и на экономические результаты работы горного предприятия.

РАБОТА горного предприятия. Существующая на большинстве рудников, карьеров и шахт система планирования горных работ прежде всего ориентирована на достижение заданных объемов добычи руды. Весь процесс планирования и управления как правило ведется вручную с помощью бумажной технологии, без глубокого анализа ситуации и быстрого реагирования на неблагоприятные воздействия различных факторов.

Система опробования во многих случаях не обеспечивает оперативного контроля за ситуацией с качеством продукции на всех основных стадиях технологического процесса. На подавляющем большинстве горных предприятий (особенно - в цветной металлургии) на переработку в результате этого поступает сырье с чрезмерно большими колебаниями содержаний полезных компонентов, что приводит к практически постоянной работе обогатительного оборудования в неоптимальном режиме и сверхдопустимым потерям металлов в хвостах обогащения.

10.3.1. Показатели качества руды

В настоящей работе мы исходим из того, что каждое месторождение, каждое горное предприятие - уникально и имеет свой особенный подход к оценке качества собственной продукции, расставляя акценты важности там, где считает нужным.

Предлагаемые различными авторами работ по управлению качеством рудного сырья единые (интегральные, дифференцированные и т.п.) показатели вряд ли будут когда-либо широко использоваться.

Мы считаем, что каждое производство должно определить свой набор легко и быстро контролируемых показателей (например - содержание в руде металлов и вредных примесей), попытаться установить между ними корреляционную связь и контролировать изменчивость качества руды по одному или нескольким выбранным показателям.

Таким образом, для достаточно исчерпывающей характеристики качества руды в данной работе используются и предлагаются следующие показатели качества:

-контролируемые параметры (содержания полезных и вредных
-дисперсия, стандартное отклонение или коэффициент вариации контролируемых параметров в рассматриваемом периоде.

-автоковариационная (автокорреляционная) функция

Ниже будет показано, как использовать эти показатели качества сырья для моделирования системы рудопотоков при проектировании, а также - для планирования (настройки) и управления работой системы горного предприятия.

10.4. Основные этапы формирования систем рудопотоков

Можно выделить 4 стадии формирования систем рудопотоков: геологическое изучение массива месторождения, моделирование системы рудопотоков на стадии проектирования горных работ, создание реальной динамической системы рудопотоков, планирование и управление системой рудопотоков, табл.10.3.

Табл. 10.3. Основные этапы формирования системы рудопотоков горного предприятия

Этапы	Наименование этапа	Результаты
1	Геологическое изучение и моделирование месторождения	Модель месторождения

2	Моделирование системы рудопотоков	Модель системы РП
3	Создание реальной системы рудопотоков	Реальная динамическая система РП
4	Управление системой РП на горном предприятии	Удовлетворение потребностей потребителей продукции горного предприятия

10.4.1. Геологическое изучение и моделирование массива месторождения

Перед началом первой стадии имеются лишь предположения о наличии промышленных концентраций того или иного полезного компонента (компонентов) в недрах на данной территории. После этого проводятся все необходимые стадии геологоразведочных работ (поиски, разведка), в результате которых формируется информация о наличии или отсутствии руды в этом месте.

Результатом данной стадии чаще всего является геологический отчет о разведке (доразведке) месторождения, который представляет собой несколько томов текстовых и графических материалов. Иногда данные о геологическом строении и опробовании залежи представляются на машинных носителях и пригодны для непосредственной обработки на ЭВМ.

Для того, чтобы с наибольшей достоверностью оценить запасы выявленного месторождения необходимо провести его геостатистическое исследование, геометризацию и моделирование, в процессе которых, как правило, используется вся первичная геологическая информация. Полученная в результате этих практически исследовательских стадий модель подробно описывает пространственное положение всех составляющих массива месторождения: рудных тел, различных геологических (геомеханических, гидрогеологических и др.) зон, тектонических нарушений, топографии и т.п., а также дает в распоряжение специалиста сведения о площадях и объемах различных объектов модели.

Кроме того, модель описывает все качественные характеристики массива (в т.ч. - руды) в любой его точке (или блоке требуемых размеров) с указанием вероятности подтверждения такой оценки.

Из-за необходимости обработки громадных массивов первичной информации эта работа выполняется на компьютерах.

Этапы такой работы:

1. Ввод первичных данных в компьютер;
2. Статистическая обработка и проверка корректности первичных данных;
3. Геостатистическое исследование массива месторождения;
4. Геометризация и построение блочной модели месторождения с интерполяцией качественных характеристик руды и литологии;

Итак, в результате данной стадии специалист получает компьютерную модель месторождения, для каждой 3-х мерной точки (или блока) которой известно:

- объем и тоннаж руды (породы)
- все геологические, геомеханические, гидрогеологические и др. показатели
- вероятность подтверждения этой информации.

10.4.2. Моделирование системы рудопотоков

Эта стадия обычно выполняется в процессе проектирования горных работ в проектных институтах или непосредственно на предприятиях. При этом, на одной модели месторождения может быть "проиграно" бесчисленное множество вариантов ее отработки. Поэтому проектировщик, располагая компьютерной моделью месторождения, должен так смоделировать пространственную динамическую модель будущего карьера или шахты, чтобы в результате достигалась требуемая производительность по руде, на переработку поставлялось сырье максимально достижимого качества, а затраты на добычу руды были бы минимальными.

В принятом в СНГ стандарте проектирования горных работ "рудопотоки" в лучшем случае учитываются, как "грузопотоки". Серьезного моделирования процесса формирования конечного рудопотока проектируемого предприятия не делается. Более того, расчеты качества руды существенно загроубляются, т.к. за нижний уровень принимается информация о подсчетном геологическом блоке, для которого вся содержащаяся в нем руда (а это иногда - десятки миллионов тонн) имеет одинаковое (среднее) качество.

Часто рассматривается всего 2-3 варианта динамической модели развития горных работ в пространстве. Все это происходит из-за отсутствия или недостатка в проектных организациях: компьютеров и надежных программных продуктов, методологии компьютерного проектирования, а также некоторого консерватизма в стиле работы проектных институтов и как правило приводит к существенным ошибкам в оценках и принятии проектных решений.

Между тем на Западе давно существуют и повсеместно используются хорошо апробированные методология и методы компьютерного моделирования горных объектов.

Большое значение на наш взгляд имеет отдельное моделирование только системы рудопотоков, ориентированное прежде всего на достижение оптимального уровня качества получаемой продукции (руды). При этом можно выбрать (или дополнительно обосновать уже принятые решения) наиболее выгодное (с точки зрения качества конечной продукции) направление развития горных работ, форму, ориентацию и объем выемочных блоков, высоту уступа, количество забоев, параметры усреднительных складов и т.п. Особенно это важно для проектирования систем с достаточно жесткими пространственными и техническими параметрами выемки руды, например - комбайновая выемка пластов.

Одним из результатов моделирования системы рудопотоков будет также качественно-количественная схема производства с характеристиками и параметрами преобразования рудопотоков на каждой технологической стадии и в каждом узле схемы рудопотоков.

Большое значение на этой стадии имеет также правильный выбор схемы и технологии опробования качества руды, т.к. это устанавливает уровень достоверности исходной информации для планирования производства в процессе отработки месторождения.

10.4.3. Создание реальной системы рудопотоков

Здесь имеется в виду процесс строительства горного предприятия, в ходе которого модель системы рудопотоков реализуется в 3-х мерном пространстве и становится реально динамической, т.е. получает дополнительное измерение - время.

Всегда имеется достаточно отступлений от проекта, в результате чего фактическая схема будет отличаться от модели. Результатом данной стадии будет доведенная до удовлетворительных практических результатов система рудопотоков, функционирующая в пространстве и времени, а также система опробования рудопотоков, контроля и планирования работой горного предприятия.

Этот этап требует чаще всего организаторских усилий производителей и корректировки некоторых проектных решений. В данной работе он рассмотрен наименее полно, т.к. методология, используемая здесь, описывается в разделах проектирования, планирования и диагностики системы рудопотоков.

10.4.4. Обеспечение нормального функционирования системы рудопотоков

Когда карьер или шахта начали выдавать продукцию, на очереди - этап организации планирования, управления и контроля существующей системы рудопотоков, обеспечивающий оптимальное и стабильное качество конечной продукции при минимальных издержках производства.

Этот этап является жизненно важным для любого предприятия, тесно связан с экономикой и требует очень квалифицированного управления. Обычно здесь также широко используются компьютеры, т.к. часто приходится в чрезвычайно сжатые сроки пересматривать все виды планов по всем забоям и участкам предприятия (например, при изменении цен на металлы, а следовательно - бортового содержания в руде).

Важной частью этой стадии является периодическая диагностика работающей системы рудопотоков и настройка ее на новые параметры в связи с изменившимися геологическими, организационными или экономическими условиями производства.

10.5. Системы рудопотоков на рудниках и шахтах

Впервые в СНГ вопросы управления качеством рудопотоков достаточно подробно и систематично изложены в работах В.В. Ершова [8], который провел анализ и классифицировал состояние геолого-маркшейдерского управления системами рудопотоков большого количества подземных рудников, добывающих преимущественно руды цветных металлов, предложил классификацию систем рудопотоков и условные обозначения для составления схем рудопотоков рудников.

В данной работе мы будем придерживаться основных принципов и обозначений, предложенных В.В.Ершовым, там, где они не противоречат содержанию.

В книге [8] выделяются 3 главных комплекса подземного рудника:

- выпуска и доставки;
- подземного транспорта и подъема;
- наземного транспорта.

В соответствии с принципами системного подхода технологическая схема рудника рассматривается как система рудопотоков, перемещаемых механизмами или под действием своей тяжести.

В технологической схеме рудника выделяются следующие основные элементы, оказывающие воздействие на параметры рудопотока:

- Элементы массива месторождения: Блоки (Б), Забои (З);
- Транспортирующие элементы: подвижные (Тп) и неподвижные (Тн);
- Емкости: подвижные (Еп) или неподвижные (Ен);
- Дозирующие устройства (Дз).

Из этих элементов (некоторые из которых выполняют сразу 2 функции) можно составить технологическую схему практически любого подземного рудника, что и продемонстрировано в работе [8] для подземных рудников цветной металлургии.

На основе технологической схемы рудника можно составить также схему формирования рудопотоков и схему качества руды .

Наиболее важное значение имеет схема формирования рудопотоков, которая содержит следующие стандартные элементы , определяющие вид преобразования качества рудопотока на данной стадии:

- перестановка** порядка следования элементов потока (П), при которой изменения объема обычно не происходит. Способностью перестановки обладают только подвижные транспортирующие элементы;
- аккумуляция** элементов рудопотока (А) в емкостях. Иногда соответствует процессу усреднения качества рудопотока;
- деление** рудопотока на порции (Д) в дозаторах и некоторых транспортно-загрузочных устройствах;
- перемешивание** руды в емкостях и др. устройствах (С);
- классификация**, т.е. перемешивание с дифференциацией материала по крупности (К), что почти всегда происходит при аккумуляции рудопотока;
- разделение по сортам** (Р), т.е. обособление сортовых рудопотоков;
- усреднение** руды на складах (У).

С помощью этих элементарных преобразований можно полностью описать процесс формирования качества руды от забоя до потребителя. Как и в случае элементов технологических схем каждый элемент Схемы рудопотоков может выполнять по 2 описанных выше функции преобразования.

Иногда процесс составления схем формирования рудопотоков и качества руды можно существенно упростить, если на них показывать только количество преобразователей и количество единичных потоков на входе/выходе каждого преобразователя [8] . При этом достаточно указывать только операции ПЕРЕСТАНОВКИ, АККУМУЛЯЦИИ И ДЕЛЕНИЯ.

Анализ полученных схем позволяет определить места наиболее эффективного воздействия на процесс формирования рудопотока с целью его корректировки.

Одна из основных проблем эффективного функционирования системы рудопотоков - организация эффективного опробования качества руды на всех переделах, где происходит

серьезное преобразование параметров рудопотоков. К сожалению на большинстве подземных рудников, проанализированных в книге [8], эта работа не организована должным образом, что естественно не позволяет эффективно управлять процессом формирования оптимального качества руды.

Так из 31 исследованного подземного рудника забойные рудопотоки опробуют только 19 (в т.ч. только 9 - с использованием экспресс-методов), блочные и участковые потоки - 10 (4 - экспресс - методы), поток рудника - 5 (1 экспресс - метод). В то же время в среднем каждый рудник имеет в своей технологической схеме несколько десятков последовательных преобразований рудопотока от забоя до потребителя.

Пользуясь описанными выше определениями для подземных рудников, можно создавать соответствующие Схемы: технологических операций, процесса формирования рудопотоков и качества руды и **для открытых горных работ**. На рис. 10.5 показана соответствующая схема для небольшого карьера .

Нам представляется, что приведенная выше классификация видов преобразования схем формирования рудопотока и качества руды недостаточно точно аргументирована и оставляет достаточно много места для домысливания. Например, очень трудно провести черту между операциями смешивания, классификации и усреднения, которые имеют много общего. Неоднозначно толкование также операции перестановки.

На наш взгляд существует еще одна очень важная стадия преобразования рудопотока, которая поддается существенному регулированию и обязательно должна учитываться при моделировании системы рудопотоков. Речь идет о преобразовании 3-х мерного пространственного массива рудного тела в практически одномерный временной поток руды. Эта операция осуществляется регулярно в каждом забое горного предприятия и оказывает сильное воздействие на процесс формирования рудопотока и качество конечной продукции шахты или карьера.

Это происходит потому, что каждый массив в той или иной степени анизотропен. Следовательно, свойства (в особенности - однородность) рудопотока из данного забоя будут во многом определяться направлением горных работ, формой, размерами и ориентацией извлекаемых блоков руды в пространстве.

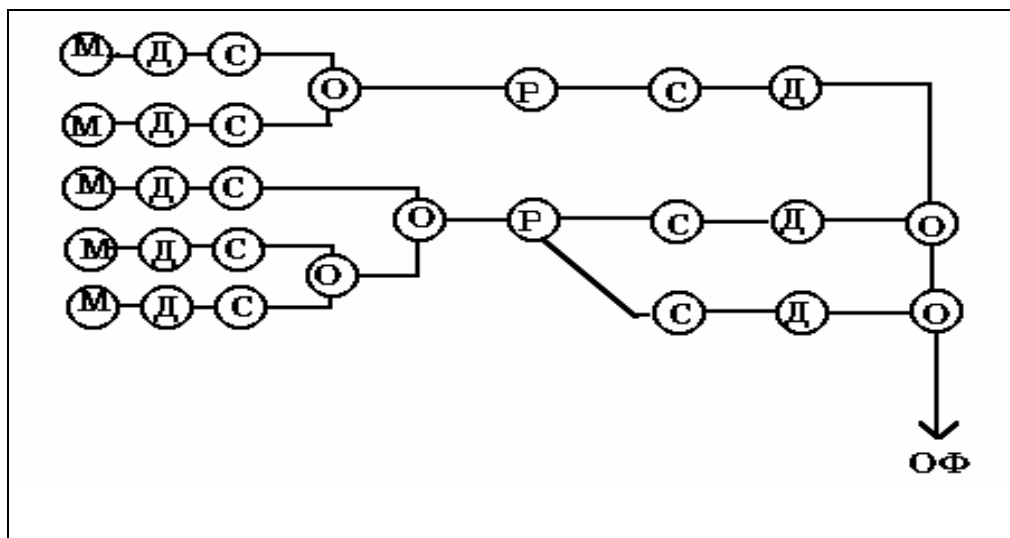


Рис.10.5. Схема формирования качества руды на карьере. М - преобразование "массив-поток", Д - дозирование, С - смешивание, О - объединение, Р - разделение по сортам.

В настоящей работе предлагается учитывать лишь наиболее характерные преобразования рудопотоков в процессе ведения горных работ.

1. **Преобразование "массив-поток"**, при котором руда в 3-х мерном массиве преобразуется в практически одномерный поток, разделенный или не разделенный на отдельные порции.

2. Можно выделить обратное преобразование, т.е. **преобразование "поток-массив"**, при котором рудопоток на складах или в бункерах снова превращается из практически одномерного в 3-х мерный пространственный объект.

3. **Объединение** рудопотоков, при котором несколько единичных дискретных или непрерывных рудопотоков объединяются в один с известным "законом" такого соединения

4. **Разделение** рудопотока (чаще всего - по сортам), при котором рудопоток по каким-то критериям (объему или качеству) разделяется на несколько более мелких потоков.

5. **Перемешивание** руды на складах и в емкостях, в процессе которого происходит смешивание руды по всему объему емкости или склада.

На наш взгляд этими типами преобразования рудопотока можно обойтись в большинстве практических ситуаций. В последующих главах отчета приведены основные математические выражения для расчета параметров рудопотока, получаемых в результате каждого из перечисленных преобразований.

10.5.1. Качественно-количественные схемы рудопотоков горного предприятия.

На стационарных производствах, например, таких как обогатительное, настройку и контроль производственного цикла выполняют с участием составляемых качественно-количественных схем или технологического и товарного баланса. Эти балансы служат для контроля прохождения ценных компонентов через процесс переработки с целью предотвращения их потерь [18,19,20].

На наш взгляд было бы целесообразно располагать такими балансами и на стадии добычи руды, что позволило бы целенаправленно настраивать, диагностировать и контролировать процесс горного производства. В самом деле, мы располагаем достаточно точной информацией о качестве и количестве добытой в каждом забое руды. У нас есть также точные параметры рудопотока, поставленного на обогатительную фабрику, которые иногда сильно отличаются от характеристик руды в массиве.

Таким образом, мы имеем возможность детально проанализировать всю технологическую цепочку, найти переделы, в которых не выполняется технологический регламент, и устранить причины искажения параметров рудопотока.

Однако, обогатительное производство, где широко используются указанные виды баланса имеет свои особенности:

-схема рудопотоков здесь жестко привязана в пространстве к стационарно установленным механизмам;

-в большинстве технологических операций происходит существенное изменение характеристик руды (грансостава, влажности, содержания компонентов и т.д.);

-материал обычно мелко раздроблен, что упрощает его опробование;

-часто организуются замкнутые циклы;

-в большинстве операций происходит разделение рудопотока, т.е. **"философия"**

обогащения - разделение.

В процессе этой стадии переработки руды чаще всего замеряются и контролируются следующие параметры рудопотока:

-гранулометрический состав (дробление и измельчение);

-содержание компонентов (обогащение);

-влажность (обезвоживание и др.);

-масса руды (при любом ее разделении).

Горное производство характеризуется (в отличие от процесса обогащения) следующими особенностями:

-руда в большинстве случаев не меняет своих характеристик от забоя до обогатительной фабрики (за исключением крупного грохочения и первичного дробления при циклично-поточных технологиях и на подземных работах);

-многие элементы схемы рудопотоков непрерывно перемещаются в пространстве и времени;

-материал - крупнокусковой, что затрудняет его опробование;

-как правило в технологической цепи нет замкнутых циклов;

-чаще всего используется объединение рудопотоков, в результате чего из многих забойных рудопотоков в итоге получается 1-3 суммарных потока. Таким образом, **"философия" рудника - объединение.**

В процессе горного производства чаще всего контролируются следующие параметры рудопотока:

- тоннаж руды на всех стадиях;
- содержания полезных и вредных компонентов;
- иногда: влажность, гранулометрический состав и некоторые другие параметры.

Следовательно, по аналогии с балансами обогащения вполне могут быть созданы качественно-количественные схемы (ККС) карьера или подземного рудника. Эти схемы могут быть как двумерные (плоские), так и 3-х мерные привязанные к конкретным пространственным координатам характерных точек схем рудопотоков (Рис. 10.2).

В общем случае такая ККС представляет из себя граф, состоящий из связей (линий) и узлов, которые соответствуют пунктам преобразования какого-либо параметра рудопотока, (скорости, плотности, интенсивности и др.). На этой схеме обозначаются также места и параметры опробования рудопотоков.

Например, изменение **скорости** рудопотока происходит при изменении:

- уклона дороги;
- качества покрытия автодороги;
- количеством автосамосвалов на трассе и т.п.

Изменение **плотности** рудопотока вызывается снижением или возрастанием количества перевозимой руды на том или ином участке трассы.

Изменение **интенсивности** рудопотока (если она замеряется в тоннах металла) диктуется любым изменением условий транспортирования и качества перевозимой руды, т.к. интенсивность - это комплексный показатель потока.

Каждый **узел** ККС характеризуется:

- пространственными координатами;
- "законом (функцией) преобразования" того или иного параметра рудопотока, например: $V1=V0-10$, $N3=\exp(1-N2)$ и т.п.
- другими параметрами, характеризующими например механизм или склад.

Каждая **линия (связь)** ККС характеризуется:

- основными параметрами рудопотока на данном участке (интенсивностью, скоростью и плотностью);
- динамическими параметрами (дисперсией и ковариационной функцией).

Для контроля изменчивости параметров рудопотока полезно рассчитывать и использовать зависимость дисперсии от объема порции. Математический аппарат для получения этой функции описан в работе [24].

Чаще всего упомянутые выше динамические характеристики рудопотока рассчитываются и используются при моделировании и диагностике системы рудопотоков. В повседневной работе горного предприятия обычно нет необходимости в их применении.

10.6. Расчет преобразования рудопотока в узлах модели

В процессе проектирования горного предприятия, после составления календарного плана отработки месторождения инженер-проектировщик знает достаточно точно:

- характеристику подлежащих извлечению (в тот или иной период времени) руд в массиве, т.е. функцию изменения качества руды во времени;
- требования потребителей к качеству поставляемой руды;
- количество руды, которое будет поставляться разным потребителям.

Задача состоит в том, чтобы спроектировать такую систему, которая бы с минимальными затратами решала эти задачи. Для этого необходимо знать алгоритм изменения показателей качества руды для каждого типа преобразования:

- массив - поток
- поток- массив
- объединение
- перемешивание
- разделение по сортам

10.6.1. Преобразование "массив-поток" и обратное

Процесс отработки запасов месторождения представляет собой преобразование пространственной переменной $Z(x)$ во временную переменную $X(t)$.

В первом случае свойства и контролируемые показатели руды изменяются и могут быть описаны в 3-х мерном пространстве: а во втором - эти же свойства изменяются во времени, а сам рудопоток приближенно может быть представлен в одном измерении.

При этом один и тот же участок массива (уступа) может быть отработан (т.е. преобразован во временной поток) множеством способов, каждому из которых будет соответствовать свое уникальное значение дисперсии изменчивости контролируемых показателей качества руды. Однако, способ и последовательность выемки запасов в отдельном забое не играют решающей роли в формировании дисперсии карьерного потока, если последний формируется из многих или нескольких единичных потоков. Тем не менее, при малых масштабах производства и наличии только одного забоя эта начальная стадия существования рудопотока имеет существенное значение.

Если известна точная последовательность извлечения элементарных объемов в процессе отработки экскаваторного блока и пространственная ковариационная модель данного участка массива $K(R)$, то можно достаточно точно непосредственно вычислить ковариационную функцию рудопотока $K(h)$, а следовательно - функцию зависимости дисперсии показателя качества от объема порции [24].

Однако, на стадии проектирования еще не бывает какой-либо определенной информации о порядке отработки того или иного экскаваторного блока или очистного блока подземного рудника. Эта информация становится доступной лишь после дополнительного эксплуатационного геологического и геостатистического изучения и планирования отработки этих участков массива, и как правило не бывает одинаковой для нескольких блоков.

Таким образом, на стадии проектирования инженер располагает только блочной моделью месторождения и пространственной моделью вариограммы для достаточно больших участков массива. С помощью этой информации все же можно рассчитать дисперсию анализируемого показателя качества в единичном рудопотоке, т.е. выполнить преобразование "массив-поток". Для этих расчетов используется формула Криге [24]

$$\sigma^2(v/V) = F(V) - F(v) \quad (10.4)$$

где $\sigma^2(v/V)$ - дисперсия объемов v_i внутри большего объема V ;

$F(V)$ - геостатистический параметр, выражающий дисперсию точек в объеме V ;

$F(v)$ - то же для объемов v_i .

Эта формула определяет математическое ожидание дисперсии для всего множества стратегий отработки блока V . Геостатистика располагает набором возможностей для расчета параметров $F(v)$. В одномерном и даже двумерном случае и изотропных объектах возможно использовать номограммы и формулы, приведенные в любом практическом пособии по геостатистике. В трехмерном анизотропном массиве, т.е. в наиболее сложном случае необходимо использовать специальные компьютерные программы. Например, такая программа FFUNC есть в составе интегрированной системы ДАТАМАЙН. Некоторые сведения о построении экспериментальных вариограмм и подборе пространственных моделей анизотропии приведены в монографии [24].

Покажем на достаточно простом примере, как форма и ориентация в пространстве извлекаемых из массива объемов руды влияет на однородность первичного рудопотока забоя.

Примем за основу пространственную модель вариограммы с параметрами:

1. Оцениваемый показатель качества - Au;
2. Тип модели - двухструктурная, сферическая;
3. Эффект самородков - 2;
4. Порог первой структуры - 50,35,70 (По трем главным осям анизотропии массива);
5. Зона первой структуры - 10,5,2;
6. Порог второй структуры - 30,25,50;
7. Зона второй структуры - 200,80,50
8. Первый угол поворота системы координат - (-90 град);
9. Второй угол поворота системы координат - (+42 град);

9. Третий угол поворота системы координат - (-12 град);

Заданная модель характеризует собой достаточно сложное сочетание зональной и геометрической анизотропии массива.

Для расчета функции зависимости дисперсии колебаний содержания Au в руде зададим следующие исходные параметры:

1. Объем V представляет собой месячную добычу 1 экскаватора - 250 тыс.тн
2. Плотность добываемой руды -2.9 тн/куб.м
3. Объемы v_i представляют собой (ориентировочно):
 - часовой - 0.6 тыс.тн
 - сменный - 5 тыс.тн
 - суточный - 13 тыс.тн
 - недельный - 60 тыс.тн
 - декадный - 85 тыс.тн

Варианты высоты уступа - 20 и 10 м.

Варианты расположения фронта работ: с севера на юг и с запада на восток (Рис. 10.6)

Ширина заходки экскаватора - 10 м.

С помощью программы FFUNC получено 30 значений дисперсий точечных образцов для всех указанных выше объемов (Табл. 10.4).

Из рис 10.7. видно, насколько большая разница в изменчивости первичных рудопотоков может быть получена при изменении формы и ориентации в пространстве блоков V и v_i .

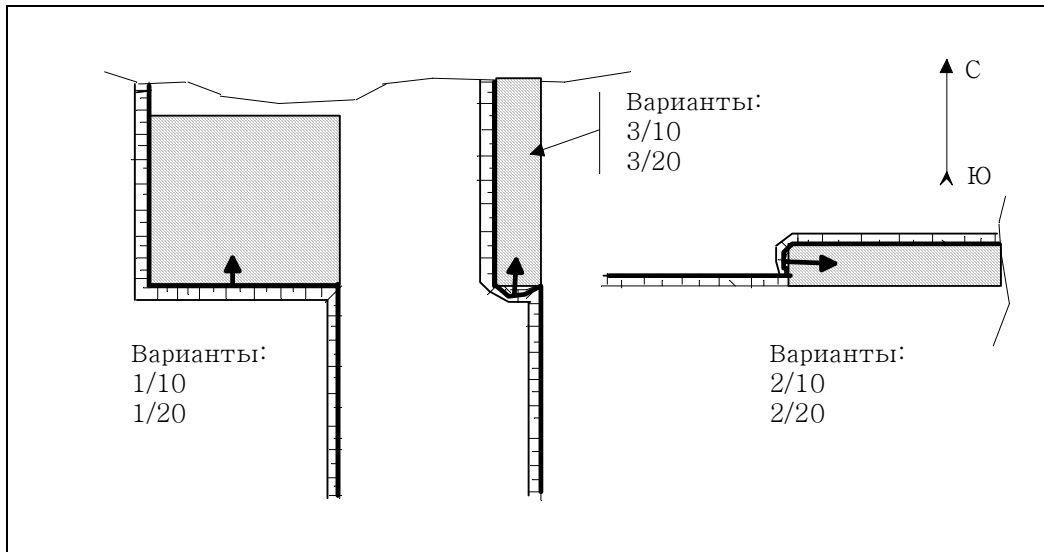


Рис. 10.6. Схемы рассматриваемых вариантов формы объема V для уступов высотой 10 и 20 м.

Таблица 10.4. Дисперсия точечных проб в объемах разных форм и ориентации в пространстве

Варианты V, 250 тыс.тн	Варианты v_i , тыс.тн					
	0.6	5	13	60	85	250
1/10	16.18	14.93	13.62	8.28	6.39	0
1/20	6.73	6.84	7.14	5.66	4.66	0
2/10	33.3	28.91	20.25	3.39	1.38	0
2/20	27.82	28.59	23.88	9.06	5.69	0
3/10	9.99	11.35	11.99	2.8	1.35	0
3/20	4.07	3.51	8.12	6.17	4.15	0

Для примера была задана достаточно сложная структура анизотропии массива, которая вполне, на наш взгляд, допускает некоторое увеличение дисперсии при изменении соотношения

размеров извлекаемых объемов даже при увеличении этих объемов. Мы рекомендуем, однако, разбираться с каждым таким случаем, если он встречается на практике.

Таким образом, с помощью аппарата геостатистики возможно выбрать вариант направления горных работ и технологии отработки экскаваторных блоков, который дает минимальную (или максимальную) изменчивость качества руды в забойном рудопотоке. Этим же способом можно оценить, как влияет на изменчивость рудопотока изменение высоты уступа.

На подземных работах такие расчеты дают не менее эффективные результаты в случаях, когда приходится выбирать форму, размеры и ориентацию в пространстве очистных блоков, а также технологию и последовательность их

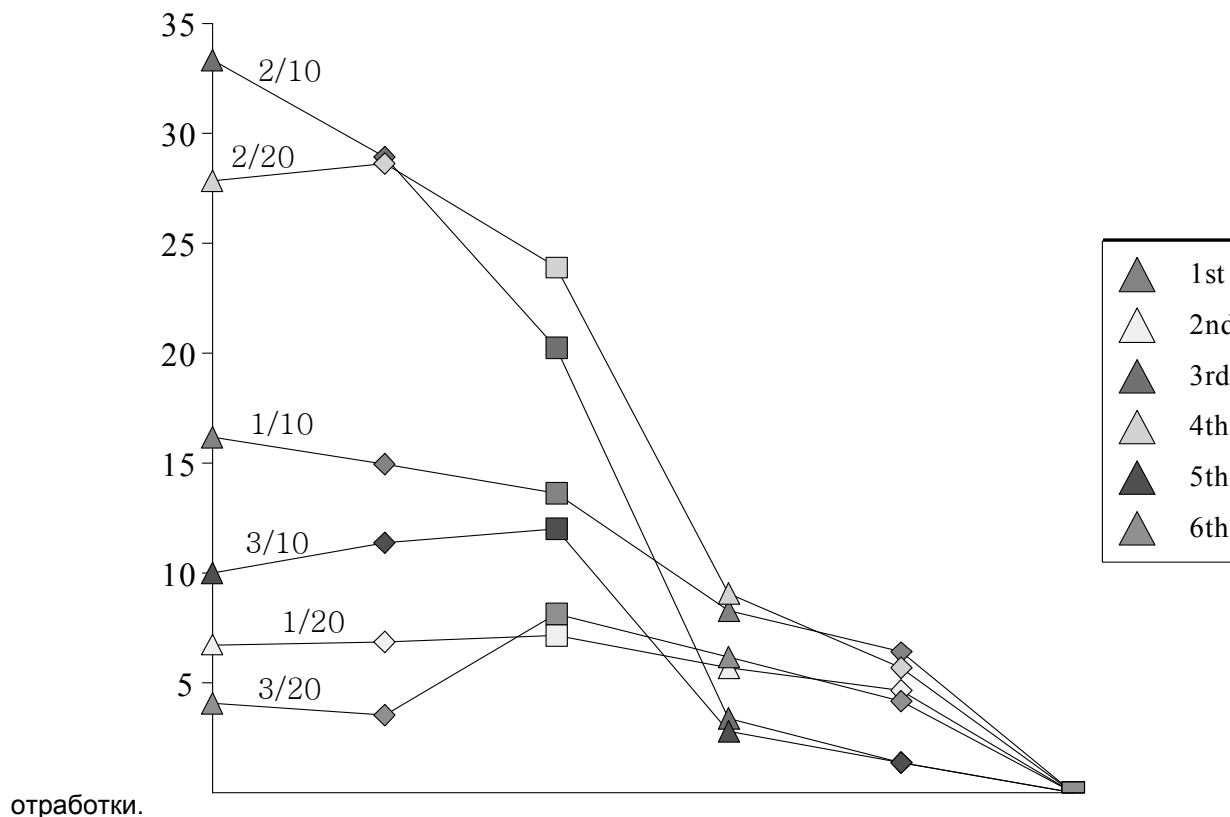


Рис. 10.7. Функции $\sigma^2(v/V) = F(V)$ для различной формы и ориентации выемочных блоков (по данным таблицы 4)

В принципе возможно решить и **обратную задачу**, когда необходимо перейти от показателей изменчивости руды в потоке к изменчивости ее в массиве. Эта ситуация возникает в случае складирования руды или размещения ее в каких-либо емкостях. На наш взгляд эта задача может быть решена в следующей последовательности.

1. Опробованием получают информацию о среднем качестве порций руды в потоке, поступающем на склад. Объем порции при этом может быть различным (автосамосвал, смена, сутки).
2. По возможности точно фиксируют расположение на складе каждой порции руды, рассчитывая для центра ее условные или абсолютные координаты в 2-х или 3-х мерной системе координат.
3. Рассчитывают экспериментальные вариограммы в нескольких наиболее характерных направлениях искусственного массива.
4. Подбирают к экспериментальным вариограммам пространственную модель.
5. Рассчитывают по этой модели требуемые показатели изменчивости качества руды в массиве или используют ее для определения дисперсии рудопотока с данного склада указанным выше способом.

Правда, на практике часто используют более традиционный подход, который предусматривает непосредственный расчет выходной дисперсии смесителя (искусственного массива) с помощью различных эмпирических функций и зависимостей.

10.6.2. Объединение/разделение рудопотоков

Для расчета параметров преобразования рудопотока в процессе его объединения с другими потоками используются обычные формулы прикладной статистики, с помощью которых можно легко вычислить дисперсию результирующего потока с учетом и без учета корреляционной зависимости между объединяемыми рудопотоками.

Разделение рудопотока может производиться как по объему (дозирование), так и по качеству руды (разделение по сортам). В первом случае поток механически разделяется на ряд составляющих, например - выпуск по нескольким рудоспускам в подземном руднике или переработка руды несколькими технологическими линиями. В этих ситуациях необходимо или изучить механизм распределения первичного рудопотока на составляющие и использовать затем соответствующий математический аппарат, или ориентировочно принимать характеристики получаемых потоков равными тем же параметрам исходного рудопотока. Во всяком случае в технической литературе нет достаточно подробных рекомендаций для расчета дисперсии изменчивости рудопотока в тех или иных стандартных ситуациях.

Разделение потока по сортам достаточно часто используется на рудниках. Выполняется оно или селективной выемкой руды требуемого качества, или опробованием всей добываемой руды и разделением ее по заранее заданным классам. В первом случае рудопоток ничем не отличается от обычного забойного потока, для которого можно рассчитать преобразование "массив-поток". Во втором случае каждая порция новых потоков тем или иным способом опробуется перед разделением, поэтому мы имеем здесь всю информацию для расчета автокорреляционной функции (или вариограммы) каждого нового потока, а следовательно - для определения всех требуемых показателей изменчивости качества руды.

10.6.3. Перемешивание рудопотока

Имеется большой перечень технической литературы, посвященной данному вопросу. На практике используются различные методы для определения дисперсии на выходе смесителей различных конструкций, однако эту задачу нельзя считать полностью решенной, учитывая необходимость описания и моделирования очень сложных процессов, происходящих в усреднительных устройствах. Ниже предлагается упрощенный метод расчета усреднительных складов, построенный на использовании теории геостатистики.

Формулировка задачи:

- имеется рудопоток, требующий усреднения, с известной функцией $D=F(V)$;
- требуется определить параметры смесителя, обеспечивающего дисперсию показателя качества объемов v_i в течение периода T (соответствующего объему V) не выше $D_{тр}$.

Таким образом, на графике $D=F(V)$ мы имеем линию $D(V)$ и точку A с координатами $[D_{тр}, V_{тр}]$ (Рис. 10.8)

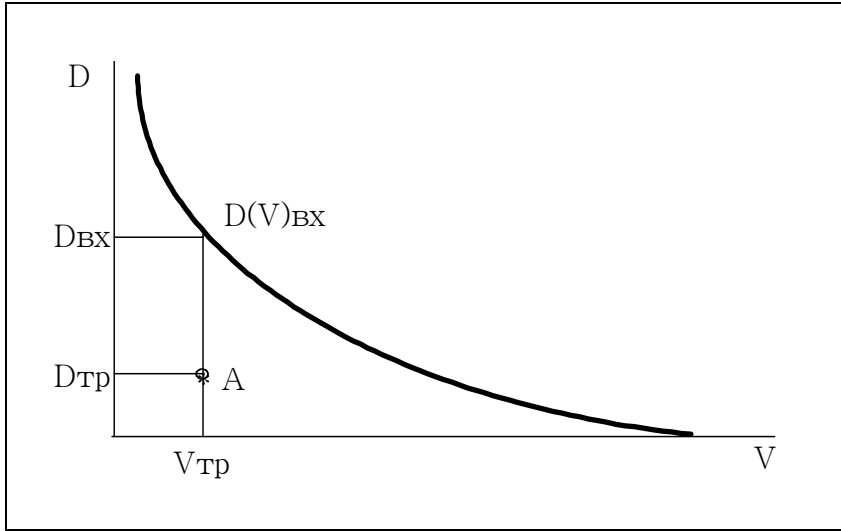


Рис.10.8. Функция $D=F(V)$ для входного потока смесителя

Рассмотрим 2 случая.

В большинстве ситуаций логарифмируя шкалу V вышеприведенного графика, удастся получить линию $D(V)_{вх}$ очень близкую к прямой линии. К этому же результату мы придем, если аппроксимируем вариограмму входного рудопотока логарифмической моделью, а затем рассчитаем функцию $D(V)_{вх}$ способами, изложенными в работе [24]. Тогда через точку A пройдет только одна прямая линия $D(V)_{вых}$, пересекающая ось V в точке с координатами $[0, V]$ (Рис. 10.9). Эта линия будет характеризовать изменчивость требуемого выходного потока смесителя.

Каждый тип смесителя по разному осуществляет перемешивание материала. Степень перемешивания равна

$$a = \frac{\sigma_{id}}{\sigma_{fact}} \quad (10.5)$$

т.е. отношению стандартных отклонений выходного потока при идеальном и фактическом перемешивании. Для логарифмической модели можно принять

$$a = \frac{A_{id}}{A_{fact}}, \quad (10.6)$$

где A - угловые коэффициенты уравнений прямых соответствующих функций $D=F(V)$.

Следовательно, зная требуемую дисперсию выходного потока $D_{тр}$, мы можем для $V_{тр}$ найти соответствующую дисперсию при идеальном перемешивании - $D_{ид}$.

$$D_{ид} = D_{мп} * a^2 \quad (10.7)$$

После этого возможно найти уравнение прямой $D(V)_{ид}$, которая также проходит через 2 точки с координатами $[D_{ид}, V_{тр}]$ и $[0, V]$.

$$D(V)_{ид} = a^2 D_{мп} \left(\frac{\ln \frac{V}{V_{тр}}}{\ln \frac{V}{V_{мп}}} \right) \quad (10.8)$$

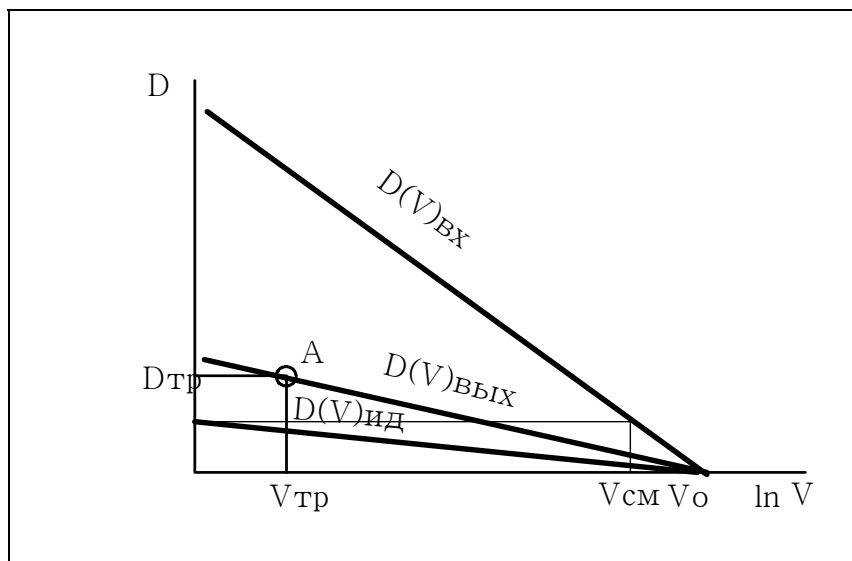


Рис. 10.9. Логарифмические функции рудопотоков смесителя

Подставляя в формулу значения v_i , можно получить искомую кривую $D(V)_{ид}$.

Идеальное перемешивание предполагает усреднение материала в объемах близких к нулю. Однако для использования в горном деле достаточно иметь идеальное перемешивание в минимальных объемах, равных $v_i=1$ куб.м, что кстати облегчает и использование логарифмических функций. При этом мы получим по формуле (10.8) конкретное значение $D_{ид}$.

В свою очередь значения функции $D(V)_{вх}$ для каждой величины v_i означают, что при идеальном перемешивании дисперсия объемов, близких к 0, внутри объема v_i равна $D_{вх} v_i$. Таким образом, для отыскания требуемой емкости склада ($V_{скл}$) необходимо вычислить значение функции $D(V)_{вх}$ при $D=D_{ид}$ при $v_i=1$ (Рис 10.9).

Окончательное уравнение для расчета емкости смесителя.

$$V_{см} = \exp \left[\ln V \left(1 - \frac{D_{ид}}{D_{вх}} \right) \right] \quad (10.9)$$

Задача может быть решена и для нескольких последовательно расположенных смесителей. Для этого выходной поток первого смесителя будет являться входным для второго и т.д. К этому варианту следует обращаться, если ни один из отдельных смесителей не обеспечивает требуемой степени усреднения. Задачу можно решить при необходимости и графическим путем.

Из вышеприведенных формул можно также найти и другие характеристики потока, что бывает полезно, когда смеситель известен, а следует найти параметры входного или выходного рудопотоков.

Если вариограмма входного потока аппроксимируется **сферической моделью**, то расчеты несколько усложняются. Через точки с координатами $[D_{тр}, V_{тр}]$ и $[0, V_0]$ также проходит только одна линия $D(V)_{вых}$, характеризующая выходной поток смесителя. В свою очередь функция $D(V)_{ид}$ проходит через точки с координатами $[D_{тр} \cdot a^2, V_{тр}]$ и $[0, V_0]$. При относительно малых $V_{тр}$ можно принимать

$$D_{ид} = D_{тр} \cdot a^2$$

Правда в этом случае емкость склада будет несколько завышена. В других ситуациях ориентировочную величину $D_{ид}$ (при $v_i=1$) можно определить, аппроксимируя функцию $D(V)_{ид}$ прямой, т.е.

$$D_{ид} = D_{тр} \cdot a^2 \quad (10.10)$$

Правда и здесь следует ожидать некоторого завышения значений емкости склада.

Далее определяется искомая емкость смесителя, путем нахождения величины V из функции $D(V)_{вх}$ для значения $D=D_{ид}$ (при $v_i=1$).

Этим способом можно ориентировочно достаточно быстро рассчитать емкость различных смесителей, если знать значения степени перемешивания. Эта величина эмпирическая, но для прикидочных расчетов можно принимать ее значения равными:

- штабели с горизонтальными слоями - 0.9;
- штабели с наклонными слоями - 0.6-0.8;
- конусные склады - 0.5-0.8.

Приведенный метод расчета емкости усреднителей сравнивался с 8 наиболее распространенными в СНГ методиками [16]. Анализ полученных результатов показал, что описанный выше алгоритм вполне пригоден для получения достаточно точных оценок и во многих ситуациях работает лучше, чем более сложные методы расчетов.

10.7. Общая последовательность расчетов по моделированию системы рудопотоков горного предприятия

Проектирование горных предприятий - сложный интерактивный процесс, сочетающий в себе рассмотрение многих вариантов технико - экономических стратегий, многократное возвращение на исходную позицию, изменение исходных параметров и экономическую проверку каждого нового проектного решения.

На этой стадии было бы разумным, на наш взгляд, проверять корректность основных параметров проекта с помощью оценки характеристик рудопотока, который связан с данной операцией (параметром) горного производства.

Нами предлагается следующая последовательность таких расчетов.

1. Производится подробное геостатистическое исследование массива месторождения, в результате которого создается пространственная модель вариограммы, характеризующая анизотропию массива залежи.

2. Создается блочная модель месторождения, для каждой ячейки которой определяются все показатели качества руды.

3. Формируется набор приемлемых вариантов: параметров системы разработки, направления фронта работ, высоты уступа, формы и размеров выемочных блоков и т.д. Для каждого из вариантов рассчитывается функция $D=F(V)$ для единичного забоя карьера или шахты.

4. Выбирается наиболее эффективный вариант технологических параметров проекта, который соответствует также и прочим учитываемым критериям, в т.ч. - экономическим.

5. Рассчитываются все стадии преобразования рудопотока, имеющиеся в технологической схеме: объединение, разделение и т.п. и в конечном итоге получают параметры конечного рудопотока карьера, шахты.

6. Если однородность качества руды соответствует требованиям потребителей, то работу следует считать завершенной. В противном случае в технологической схеме необходимо предусматривать наличие специальных усреднительных сооружений. Их емкость и конструктивные особенности (требуемую степень перемешивания) рассчитываются, как показано выше. Если есть необходимость, то в проекте принимают создание усреднительного комплекса, состоящего из нескольких одинаковых или различных по конструкции сооружений.

10.8. Диагностика и корректировка существующих систем управления рудопотоками

Большое значение для достижения высокого качества продукции горного предприятия имеет диагностика и настройка эффективного функционирования системы рудопотоков. Сигналом для этой работы могут послужить, например, претензии обогатительного производства к низкой однородности качества поставляемой на переработку руды, снижение выхода концентрата из-за повышенного содержания в руде вредных примесей или резкого понижения содержания полезных компонентов.

Таким образом, поводом для диагностики является плохо работающая система рудопотоков. Цель диагностики - установление причин отклонений в работе системы рудопотоков, установление ее потенциальных возможностей и назначение "лечения", т.е. - разработка мероприятий по приведению системы к нормальному функционированию.

Диагностика обычно включает в себя следующие этапы:

- подготовка к работе;
- изучение работы системы;
- сбор информации;
- технологические расчеты;
- установление "диагноза";
- разработка рекомендаций.

После этого система снова настраивается на изменившиеся условия и обеспечивается механизмами самоконтроля, функционирование которых позволяет чутко реагировать на разладку технологического процесса и оперативно принимать необходимые меры по приведению его параметров в установленные технологическим регламентом границы.

10.8.1. Подготовка к работе

На этой стадии обычно уточняются детали технического задания и подбирается команда специалистов для участия в работе. Желательно, чтобы в команду входил геолог: горный инженер и обогатитель - специалисты в данной горной технологии, а также - экономист.

Группа обеспечивается необходимым компьютерным оборудованием и программами, часть из которых может быть арендована на время выполнения работы.

10.8.2. Изучение работы системы и сбор информации

В этот период специалисты группы совместно с техническим персоналом предприятия подробно исследуют систему рудопотоков на руднике. Составляется схема рудопотоков (Качественно-количественная схема - ККС), с подробным описанием процессов, где качество руды в той или иной степени изменяется. Здесь необходимо понять и описать механизм этого изменения и сопоставить его с фактическими параметрами качества руды в данном месте процесса.

Особое внимание уделяется тщательному исследованию действующей системе опробования качества руды на всех стадиях ее добычи и переработки. В частности, надо установить все места, периодичность и технологию отбора проб, их объем (представительность) и методы испытаний, а также действующие ограничения на качество продукции и их правомерность.

В процессе изучения схемы рудопотоков необходимо иметь также подробную информацию о качестве полезного ископаемого в массиве. Обычно в этом случае - собирают нужную первичную геологическую и маркшейдерскую информацию, вводят ее в компьютер и моделируют какую-то наиболее представительную часть месторождения.

После подробного ознакомления с технологическим процессом добычи и переработки руды обычно изучается система планирования горных работ и управления производством. На этой стадии производится ознакомление с функционирующими на предприятии экономическими критериями обеспечения высокого качества продукции и сопоставление плановых и фактических параметров качества руды за прошедший год или другой достаточно продолжительный период времени.

В ходе работы необходимо установить характер влияния различных показателей качества руды на процесс обогащения, качество концентрата и конечные экономические показатели предприятия. Очень большое значение имеет оценка правильности установления действующих на предприятии требований к качеству поставляемого на переработку полезного ископаемого.

Далее следует собрать для дальнейшего исследования статистические данные результатов опробования качества руды и концентрата на всех стадиях технологического цикла. Желательно, чтобы эти данные были представительны (со статистической точки зрения) для достоверных заключений и гипотез, получаемых в процессе статобработки исходных данных. Обычно здесь используются результаты часового, сменного, суточного и т.д. опробования, полученные на всех доступных для получения информации пунктах опробования продукции. В необходимых случаях следует организовать взятие проб на всех интересующих специалистов группы переделах производства.

10.8.3. Технологические расчеты и разработка рекомендаций

После сбора исходной информации следует этап технологических расчетов. Обычно он включает в себя следующие стадии:

1. Геостатистическое исследование и построение модели массива месторождения.
2. Построение функции "дисперсия - объем" для массива месторождения.

3. Расчет потенциальных возможностей системы по однородности качества руды с использованием существующей технологической схемы.
4. Расчет распределений и вариограмм для различных временных рядов результатов опробования рудопотоков
5. Установление характера функций "дисперсия - объем" для всех доступных технологических переделов (источников информации).
5. Расчеты качественно - количественных схем системы рудопотоков.
6. Построение функции изменения дисперсии показателей качества для различных стадий добычи и переработки руды и сравнение ее с потенциальными возможностями системы.
7. Анализ полученных результатов и исходной информации; установление причин низкого качества руды ("диагноз").
8. Корректировка технологической схемы производства, информационной системы (системы опробования), а также существующей системы планирования и управления производством
9. Разработка организационно - технических мероприятий, необходимых для нормального функционирования системы и ее самоконтроля.

На первом этапе производится исследование исходной информации, геостатистические расчеты и построение модели месторождения. Необходимые расчеты и последовательность этапов работы достаточно подробно описаны в работе [24]. Эта часть является обязательной, поскольку без подробной исходной информации о распределении и изменчивости качества руды в массиве невозможно рассчитать технологическую схему рудопотоков, обеспечивающую требуемое и оптимальное качество руды, поставляемой на переработку.

Для исследования нет надобности рассчитывать модель всего месторождения, если это уже не сделано на самом предприятии. Достаточно иметь данные об одном или нескольких наиболее характерных участках залежи.

На первом этапе в компьютер вводятся исходные первичные геологические данные о качестве руды в исследуемом участке массива. После этого производится расчет экспериментальных вариограмм и формируется пространственная модель вариограммы (анизотропии массива).

Далее создается блочная модель участка массива и производится интерполяция всех требуемых показателей качества. Для более правдоподобного анализа дисперсии показателей качества в массиве (без учета сглаживающего эффекта кригинга) обычно используют геостатистическое условное моделирование. Эту технологию также полезно использовать для моделирования последовательности отработки залежи и выбора параметров системы разработки, оказывающих влияние на качество руды. Данный этап работы выполняется на компьютере с использованием одной из распространенных в мире систем (программ), предназначенных для моделирования месторождений. В частности, эти работы могут быть выполнены с высоким качеством с помощью английской системы Датамайн.

После получения блочной модели возможно оценить дисперсию контролируемых показателей качества в единичном рудопотоке одного забоя, а также построить функцию "дисперсия - объем" для потока руды.

Эта работа выполняется с помощью специальных компьютерных программ, предназначенных для расчета геостатистической функции F для различных по форме, размерам и ориентации в пространстве блоков массива. Подробно об этих расчетах описано в книге [24].

Здесь требуется примерно оконтурить в пространстве (т.е. найти пространственные размеры) наиболее характерные блоки руды, соответствующие различным периодам времени работы выемочного оборудования, например: час-смена-сутки-неделя-месяц. В данных расчетах полезно провести расчеты для различной ориентации блоков в пространстве и выбрать (или рекомендовать) оптимальный вариант для условий рассматриваемого предприятия.

После получения результатов появляется возможность построения функции "дисперсия - объем" для массива месторождения, которая будет очень полезной при дальнейших расчетах.

На следующих этапах производится расчет потенциальных возможностей существующей на предприятии системы рудопотоков. Эта часть работы описана в главе 3 и заканчивается расчетом дисперсии показателей качества рудопотоков для всех стадий их формирования и преобразования в процессе горных работ. Полученные результаты сравниваются с реальными для оценки эффективности работы системы.

Далее переходят к анализу временных рядов результатов опробования качества руды. Обычно в этой работе используются все виды исходной информации о качестве рудопотоков на всех доступных для анализа этапах технологического цикла. По всем рядам рассчитываются вариограммы, к которым подбираются соответствующие модели. Далее "одномерные" ряды преобразуются к физическим потокам руды, характеризующимся тоннажем или объемом, а вариограммы пересчитываются для этих показателей. Теперь достаточно легко рассчитать геостатистические функции F для разных объемов рудопотоков, а следовательно и функции "дисперсия - объем" для всех доступных переделов производства.

Если позволяют исходные данные, на следующем этапе можно построить качественно - количественную схему системы (ККС) рудопотоков по аналогии с обогатительным производством.

Когда у исследователя имеется вся описанная выше информация, появляется возможность рассчитать обобщенную функцию изменения дисперсии показателей качества по этапам производственного цикла, начиная от забоя и кончая обогатительной фабрикой. Эта функция сравнивается с соответствующей функцией потенциальных возможностей системы и определяются этапы и переделы производства, где фактическое качество руды серьезно не соответствует теоретическому.

Самый ответственный этап связан с установлением причин отклонений фактического качества рудопотока от потенциального. Здесь анализируется вся исходная информация, все полученные расчетные параметры и показатели, а также опыт специалистов, участвующих в работе. На этом этапе формируются предложения по изменению технологической схемы производства, включению в нее дополнительных усреднительных сооружений и т.п. После корректировки схемы требуется перерасчет параметров качества руды для всех измененных узлов и этапов с получением параметров качества конечного рудопотока предприятия.

Особое значение уделяется корректировке информационной схемы (схемы опробования), поскольку от качества ее работы во многом зависит достоверность информации о состоянии системы рудопотоков и возможность принятия действительных оперативных мер по управлению этой системой. Во всех случаях следует стремиться использовать оперативные методы опробования качества руды (геофизические методы), независимо от величины затрат, т.к. одно это позволит сделать процесс оперативного управления работой предприятия реальным. На этом же этапе следует внимательно проанализировать систему планирования и оперативного управления производством и предложить необходимые меры по ее совершенствованию.

На последней стадии разрабатываются и обсуждаются со специалистами предприятия конкретные мероприятия по совершенствованию функционирования системы рудопотоков.

10.9. Диагностика системы рудопотоков АО "Апатит"

Целью данной работы, проведенной автором в 1995 году, являлся достаточно обобщенный анализ (грубая диагностика) функционирования системы рудопотоков АО "Апатит", поиск наиболее слабых звеньев этой системы и определение некоторых мер для улучшения ее работы в будущем (рис.10.10).

Работа выполнялась в очень сжатые сроки, по договору о творческом сотрудничестве с АО "Апатит" и естественно не может служить основанием для вынесения каких-то кардинальных решений и выводов о качестве работы того или иного звена системы.

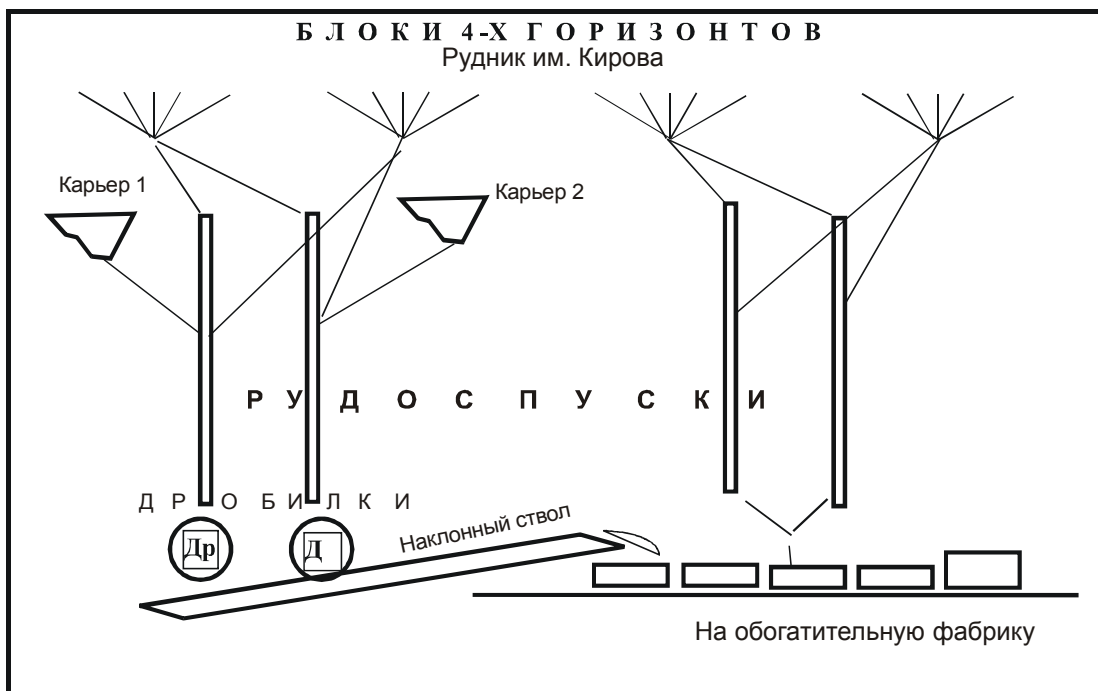


Рис. 10.10. Схема рудопотоков рудника им. Кирова АО «Апатит»

В процессе исследований обрабатывались данные по качеству руды, полученные на рудниках и АНОФ-2 АО «Апатит». Изменчивость качества руды изучалась вначале для массива одного из блоков Кукисвумчоррского месторождения апатито-нефелиновых руд, а затем - для рудопотоков, поступающих на обогащение.

10.9.1. Изменчивость качества руды в массиве.

Для исследований использована часть базы данных (блок 13/15 горизонта +252 м), созданной на Кировском руднике, и включающей в себя результаты опробования качества руды в процессе эксплуатационной разведки. Таким образом, в исходной базе данных имелись сведения о 1015 пробах: ядерных и штучных (взятых из стенок подземных выработок), их условных координатах и результатах опробования на содержание P_2O_5 и Al_2O_3 . Эти данные были введены в систему Датамайн с соответствующим переходом к географической системе координат.

После корректировки полученных таким образом цифровых массивов были выполнены статистические расчеты, которые показали хорошую их аппроксимацию нормальным распределением (Рис. 10.11).

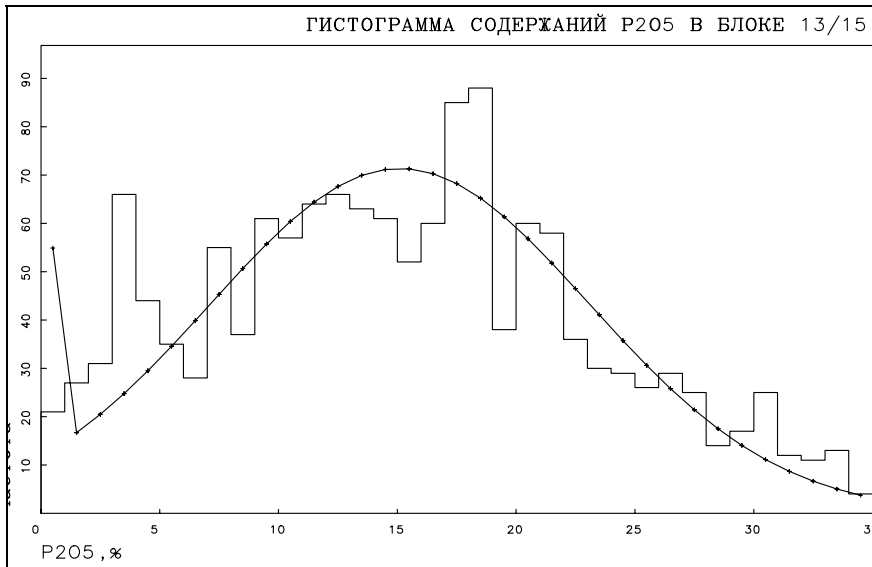


Рис. 10.11. Гистограмма и одновершинный закон распределения P2O5 в массиве

Если попытаться подобрать к полученной гистограмме многовершинный закон распределения (нормального), то мы получим картину (Рис. 10.12), по которой можно попытаться найти связь с выделяемыми в запасах сортами (типами) руд.

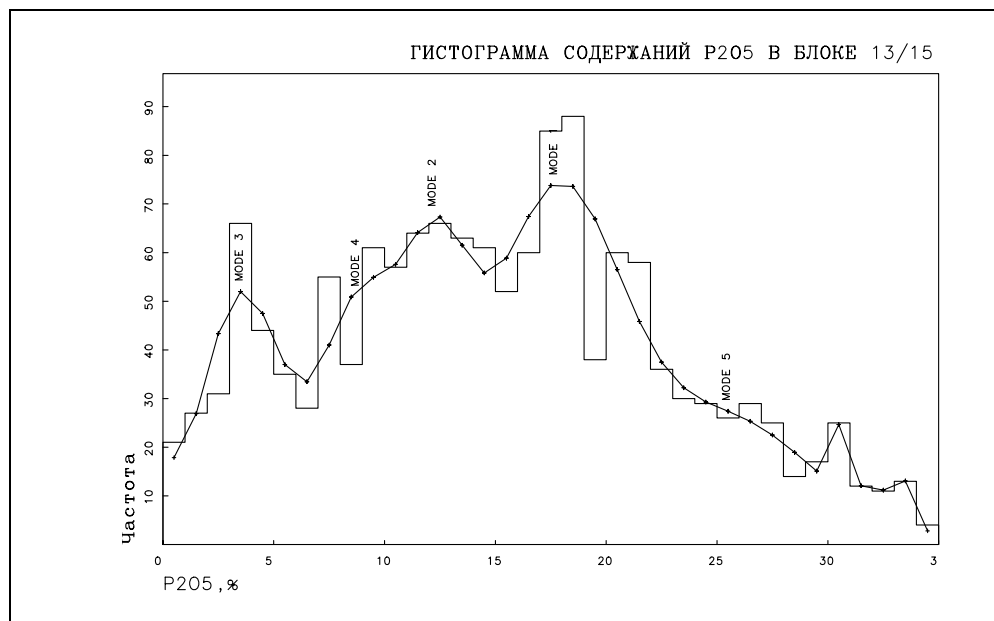


Рис. 10.12. Многовершинное (нормальное) распределение P2O5

Была проанализирована также корреляционная связь между содержаниями в руде P2O5 и Al2O3 (Кр), которая оказалась (Рис. 10.13) очень надежной (Коэффициент корреляции = 0.8449) и выражается линейным уравнением

$$\text{Al}_2\text{O}_3 = 20.915 - 0.476 \text{ P}_2\text{O}_5 \quad (10.11)$$

Если известны зависимости (11) для всех типов добываемых руд, то нет необходимости вести тщательное опробование рудопотоков по обоим этим показателям.

Расчет экспериментальных вариограмм производился по программе VARDIR интегрированной системы **Датамайн**. Исследовались 3 основные направления

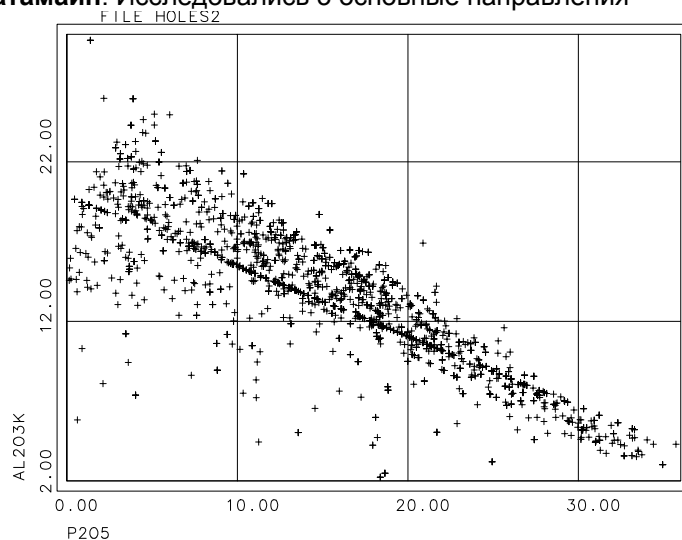


Рис. 10.13 Диаграмма рассеяния содержаний P2O5 и Al2O3 в пробах

изменчивости массива: по простиранию, по падению и вкрест простирания рудной залежи, падающей в направлении с азимутом 64 град. под углом 25-30 град. Горизонтальная мощность залежи достигает 200-250 м. На рисунке 10.14 приведены экспериментальные вариограммы и подобранные к ним модели для содержания P2O5 (по простиранию и падению).

Вариограммы по падению и по простиранию залежи примерно одинаковы, и это понятно. Несколько больший эффект самородков в вариограмме по падению объясняется тем, что в этом направлении расстояние между пробами больше. Зона корреляционного влияния проб по падению залежи оказалась более значительной (350 м) чем по простиранию (250 м), что также соответствует геологическим представлениям о месторождении.

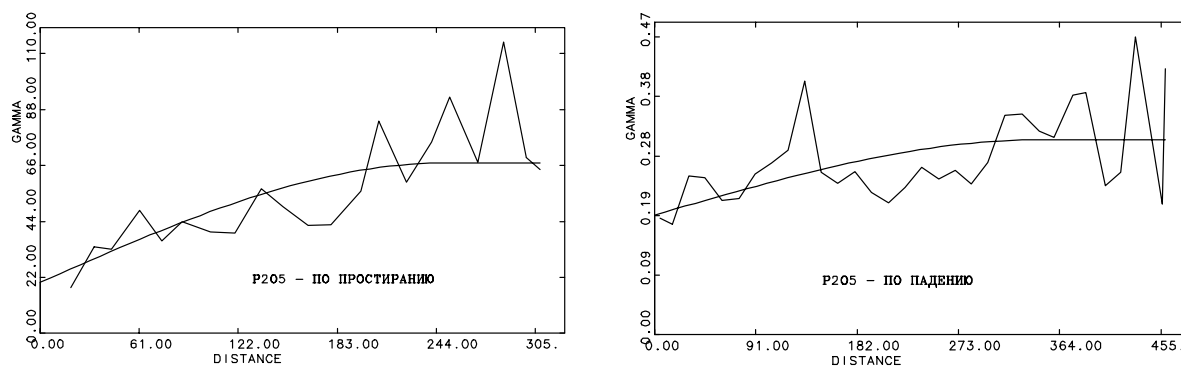


Рис. 10.14. Вариограммы для рудного тела месторождения

Вариограммы для P2O5 и Al2O3 похожи, т.к. существует надежная корреляционная связь между этими показателями.

Вариограмма вкрест простирания залежи указывает на сильную зональность, т.е. чередование богатых и бедных зон с периодом 120-140 м.

К экспериментальным вариограммам была подобрана пространственная одноструктурная сферическая модель с параметрами:

1. Для P2O5:

- эффект самородков $C_0 = 7(A), 20(B), 40(C)$, где - A, B, C - главные

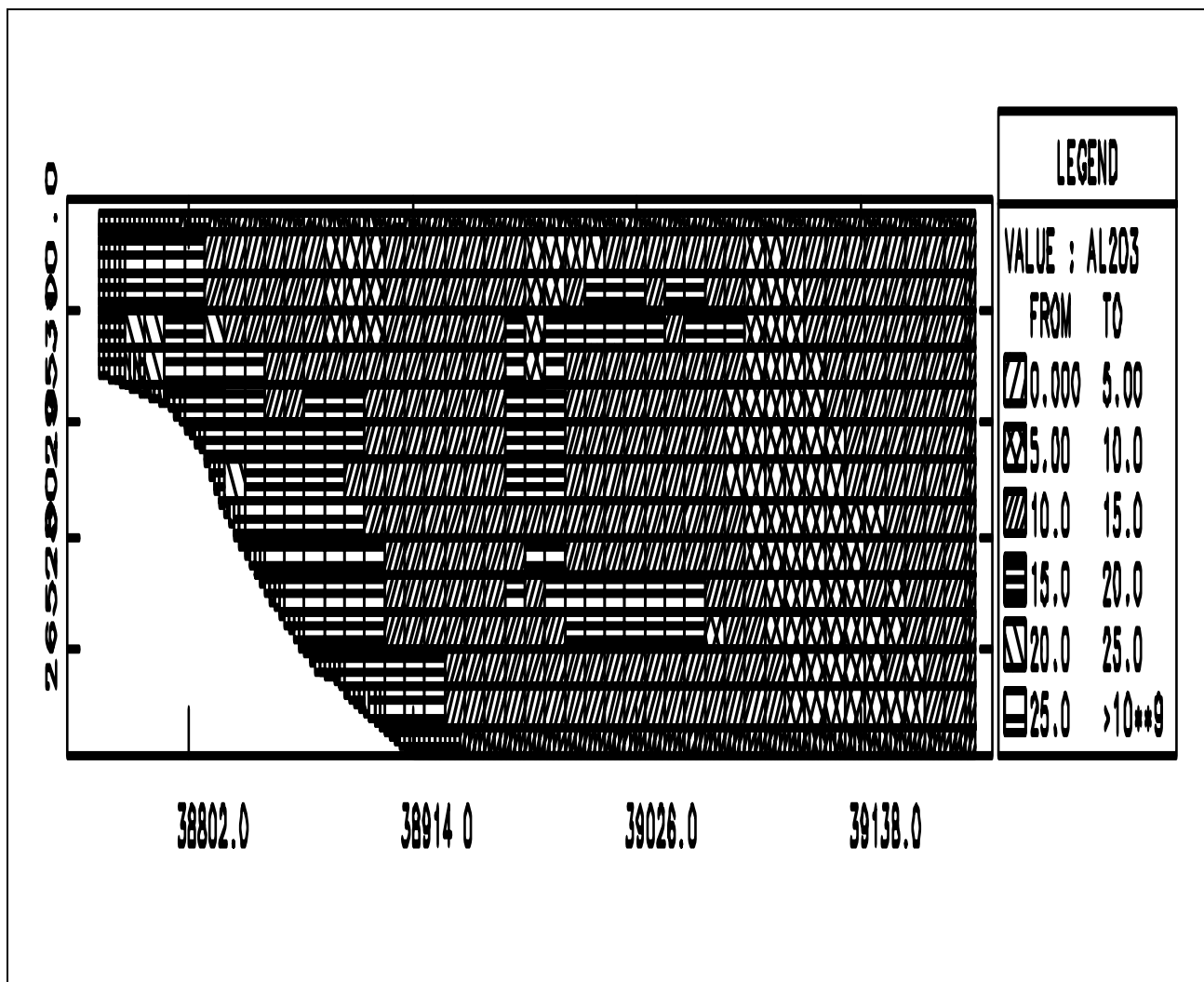


Рис. 10.15. Вертикальное сечение блочной модели с содержаниями Al₂O₃

оси эллипсоида анизотропии;

- составляющая дисперсии C1 соответственно: 60, 47, 14,5;

- зона корреляционного влияния проб A = 50, 250, 350.

2. Для Al₂O₃ соответственно:

- Co= 3, 6, 10;

- C1= 17.5, 14.5, 10.5;

- A = 65, 300, 400.

Полученная модель вариограммы использовалась далее для построения блочной модели очистного блока 13/15. Предварительно в базу данных были внесены координаты контуров рудной залежи для основных геологических профилей. По ним с учетом границ блока была построена его каркасная модель описывающая пространственный объем, занимаемый блоком в 3-х мерном пространстве. Далее этот объем разбивался на множество элементарных блоков с основными размерами: X= 10 м, Y= 10 м, Z=5 м. На границах очистного блока эти ячейки разбивались дополнительно на 4-8 частей, чтобы максимально точно характеризовать очертания геологических контуров рудной зоны, попадающей в блок.

Далее для каждой элементарной ячейки модели методом линейного 3-х мерного обычного кригинга по данным эксплуатационного опробования массива рассчитывались показатели качества руды: содержания P₂O₅, Al₂O₃, возможная ошибка этих оценок - ESTVAR, количество проб, по

которым производилась 3-х мерная интерполяция. Вертикальное сечение модели блока показано на рис. 10.15.

Оценка дисперсии изменчивости производилась стандартным геостатистическим методом с помощью уравнения Криге и функции F. Дисперсия объемов v_i в большом объеме V рассчитывается по пространственной модели вариограммы массива, по которой для заданной формы, размеров и ориентации блока v_i определяется его функция $F(v_i)$. Эта функция является средним значением вариограммы для всех точек указанного объема. Дисперсия исследуемого показателя качества массива в объемах v_i внутри объема V равна

$$D = F(V) - F(v_i). \quad (10.12)$$

Для ориентировочных расчетов D применялись следующие размеры блоков:

-V (тоннаж руды в средней секции очистного блока) = 150x15x70 м (или X*Y*Z)x 2.88 т/куб.м.
 - v_i = 10x10x1 м, 10x10x2.5 м, 10x10x5 м, 10x10x10 м, 10x10x20 м, 10x10x50 м, 10x10x70 м, 20x10x70 м, 40x10x70 м, 80x10x70 м, соответственно умноженные на плотность.

Вид полученной зависимости дисперсии от объема порции руды показан на рис. 10.16.

Из рисунка видно, что изменчивость руды в массиве достаточно высокая, особенно по показателю P2O5.

Описанным способом можно выбрать такое размещение секций очистных блоков в пространстве, их размеры, форму и ориентацию в пространстве, которое приведет к существенному снижению изменчивости свойств выпускаемой руды. При этом естественно должна учитываться также и технология выпуска руды из секций блоков.

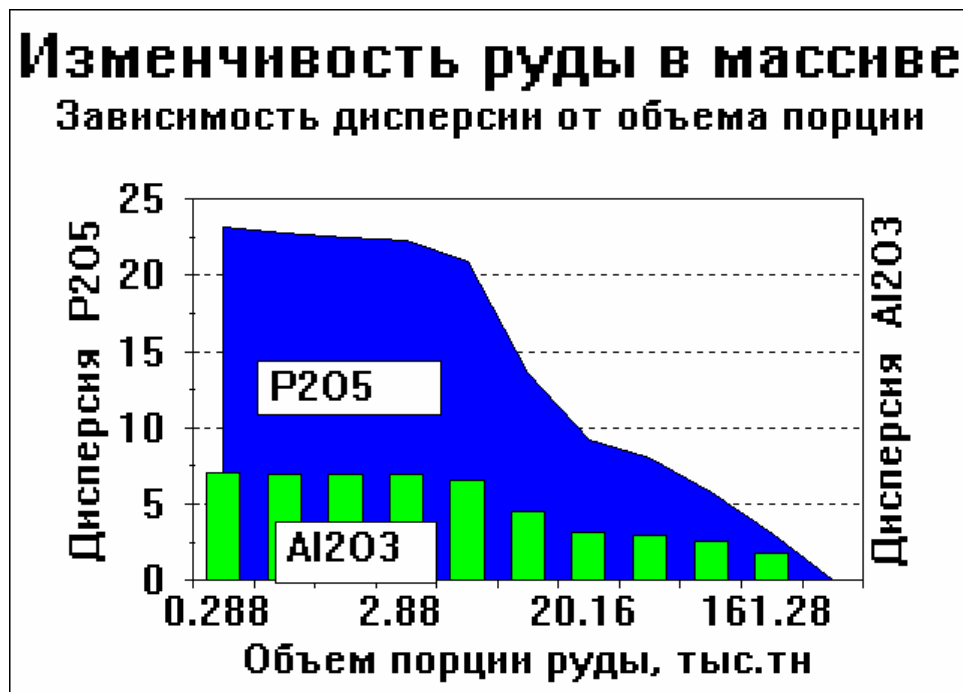


Рис. 10.16.

Понятно, что для точного предсказания изменчивости руды в массиве на рудниках АО" Апатит" необходимы подробные данные опробования качества руды по всем месторождениям.

10.9.2. Исследование изменчивости руды в потоках

Исследовались следующие рудопотоки:

- посоставное опробование методом гамма-гамма каротажа (ГГК) руды, поступающей на АНОФ-2;

- ежесуточные данные по рудникам и АНОФ-2 по данным ГГК и химанализам сливов классификаторов;
- 5-ти дневные данные по рудникам и АНОФ-2 (сливы);
- среднемесячные данные по рудникам.

Для каждого рудопотока рассчитывались статистические показатели, строилась гистограмма, определялись экспериментальные одномерные вариограммы, к которым подбирались соответствующие модели, и, наконец, рассчитывалась дисперсия изменчивости показателей P2O5 в зависимости от объема порции руды.

Используемый массив данных включал в себя 945 измерений содержания P2O5 в составах руды, поступающих на АНОФ-2 в течение октября - ноября 1994 г. Средний тоннаж руды одного состава принимался равным 2500 тн.

Гистограмма массива данных, приведенная на рис. 10.17, показывает хорошую аппроксимацию его с помощью нормального распределения.

Вариограммы для посоставных проб (Рис. 10.18.) строились в одном направлении с лагом, равным тоннажу руды в одном составе.

На этом же рисунке показана подобранная к экспериментальной вариограмме 2-х структурная сферическая модель с параметрами:

$$C_0=0.9, C_1= 1.5, A_1=100, C_2=0.8, A_2=1500.$$

На графике вариограммы по шкале X отложен тоннаж руды, поступающей на фабрику. Этот график свидетельствует о том, что в данном рудопотоке существует 2 структуры изменчивости: первая - наблюдается внутри порций объемом 100-120 тыс тн и отличается быстрым уменьшением корреляционной связи между показателями опробования с увеличением размера порции, а вторая - характеризуется относительно плавным снижением взаимного корреляционного влияния порций руды в интервале от 100 до 1500 тыс. тн.

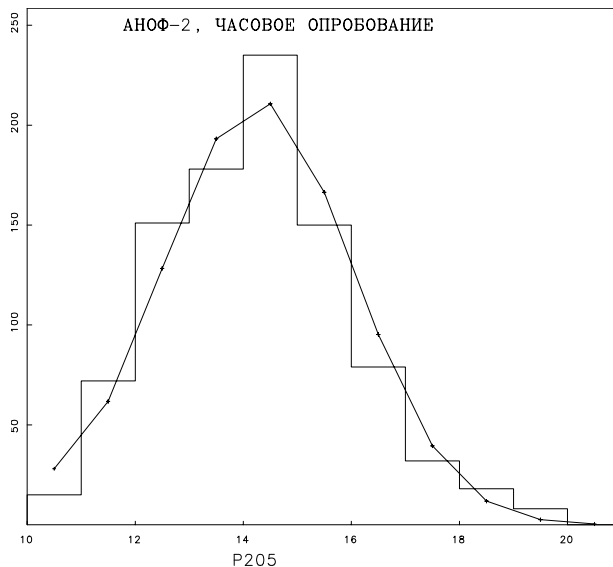


Рис. 10.17. Гистограмма распределения посоставных проб АНОФ-2 в течение 2-х месяцев

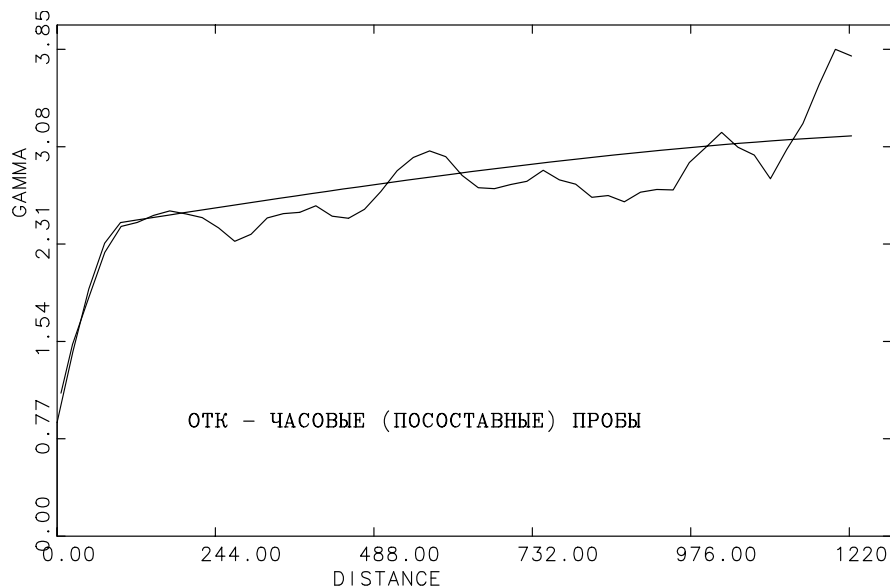


Рис. 10.18. Вариограмма и модель по результатам посоставного опробования на

АНОФ-2

Изменчивость качества руды в потоке изучалась с помощью функции F , рассчитываемой для одномерных отрезков, соответствующих 1, 5, 10, 50, 100, 200, 300, 500 и 1000 тыс.тн руды. Дисперсия определялась по формуле 2 для $V = 1000$ и 300 тыс.тн. Второй объем выбран для последующего сопоставления соответствующих данных для массива и рудопотоков.

Результаты вычислений показаны на рис.10.19.

На этом и следующих рисунках буквами обозначены:

а - График для объема $V = 1000$ тыс. тн

б - То же для $V = 300$ тыс.тн.

Как видно из графика, допустимая дисперсия колебаний P_2O_5 обеспечивается только для объемов 200 (для $V=300$ тыс.тн) - 400 тыс тн, что существенно превышает нормативы по качеству руды.

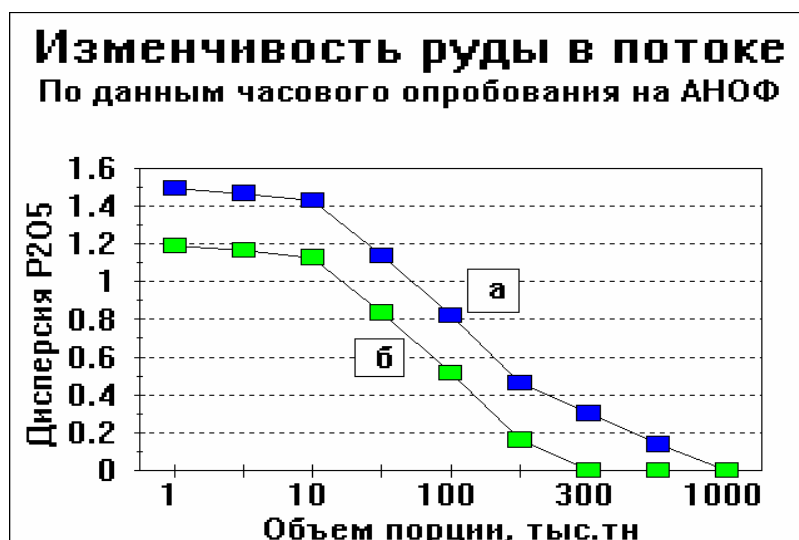


Рис. 10.19.

На следующем этапе изучались данные суточного опробования руды на АНОФ -2 в течение 6.5 месяцев (с марта по октябрь 1994 г.). При этом анализ производился как по рудникам, так и в целом по АНОФ (по данным ГГК и сливов классификаторов).

В процессе исследований были рассчитаны экспериментальные вариограммы для всех видов суточного опробования на АНОФ-2. Вариограммы, полученные для суммарного рудопотока по данным ГГК и сливов классификаторов очень похожи (Рис. 10.20).

К этим вариограммам можно подобрать следующие 2-х структурные сферические модели (модель для ГГК показана на рисунке) :

ГГК: $C_0=0.15$, $C_1=0.5$, $A_1=200$, $C_2=0.23$, $A_2=2000$;

СЛИВЫ: $C_0=0.1$, $C_1=0.6$, $A_1=150$, $C_2=0.24$, $A_2=2000$.

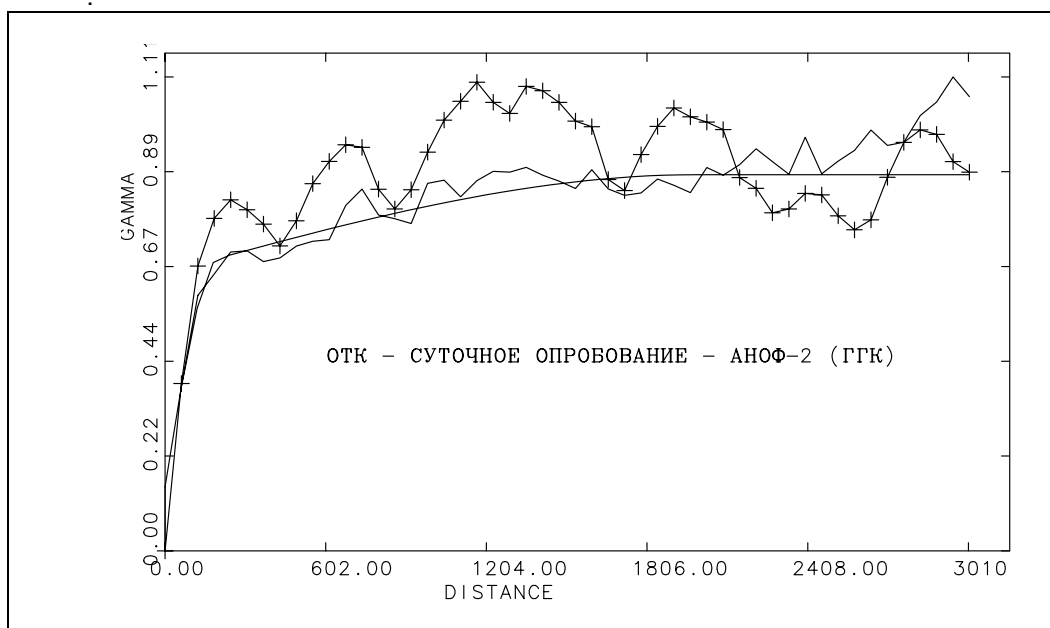


Рис. 10.20. Вариограммы и модель для суточного опробования руды на АНОФ-2

Для всех полученных вариограммных моделей упомянутым выше методом были рассчитаны функции F и дисперсии содержания P_2O_5 в различных порциях руды для вариантов $V=1000$ и 300 тыс.тн. Результаты вычислений показаны на рис 10.21.

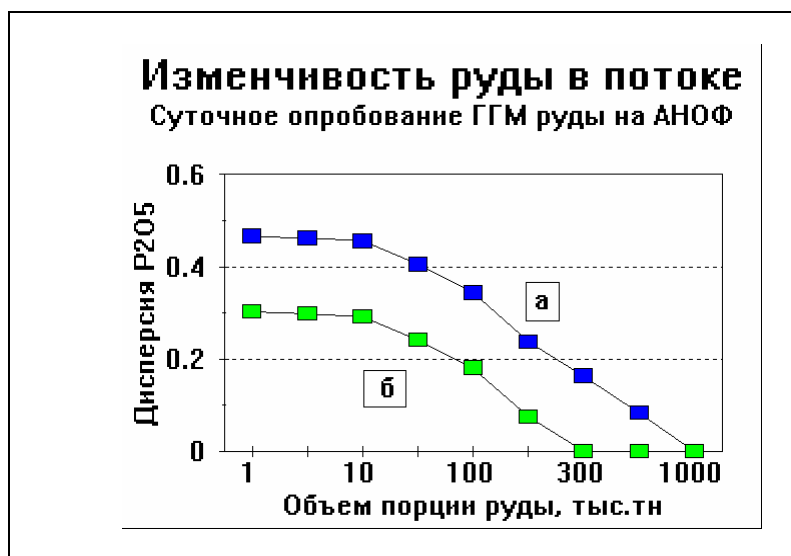


Рис. 10.21. Графики изменчивости качества руды по данным геофизического опробования

Из последнего графика также отчетливо видно, что требуемая дисперсия 0.25 %% в течение месяца достигается только в объемах не менее 200 -250 тыс.тн, т.е. значительно больших чем суточные.

Далее были проанализированы результаты опробования руды по периодам: : дней и месяц. Однако, из-за незначительного количества наблюдений этот анализ не дал надежных результатов.

10.9.3. Выводы по результатам исследования

В целом управление работой системы рудопотоков на АО "АПАТИТ" функционирует удовлетворительно и обеспечивает серьезное улучшение однородности качества руды, поступающей на обогащение, по сравнению с рудой, залегающей в массиве месторождений. На рис. 10.22. показано соотношение изменчивости порций руды: в массиве (верхняя кривая), в среднем рудничном рудопотоке, поступающем на АНОФ-2 (средняя кривая) и в суммарном рудопотоке АНОФ-2 по данным посоставного опробования (нижняя кривая).

Но такое сглаживание происходит по большей мере СТИХИЙНО из-за **случайного перемешивания** в общем рудопотоке большого числа порций руды различного качества, добытых в десятках различных мест нескольких месторождений. Количество одновременно работающих на рудниках АО забоев настолько велико, что **по нашему мнению можно обеспечить на входе АНОФ практически любую степень однородности руды.** И это легко может быть доказано соответствующими расчетами.

На самом деле рудники не могут сегодня дать достоверный прогноз качества добываемой руды, о чем свидетельствует хотя бы соотношение плановых (прогнозных) и фактических среднемесячных показателей по Кировскому руднику, рис. 10.23.

Изменчивость руды

Дисперсия P2O5 в массиве и рудопотоках

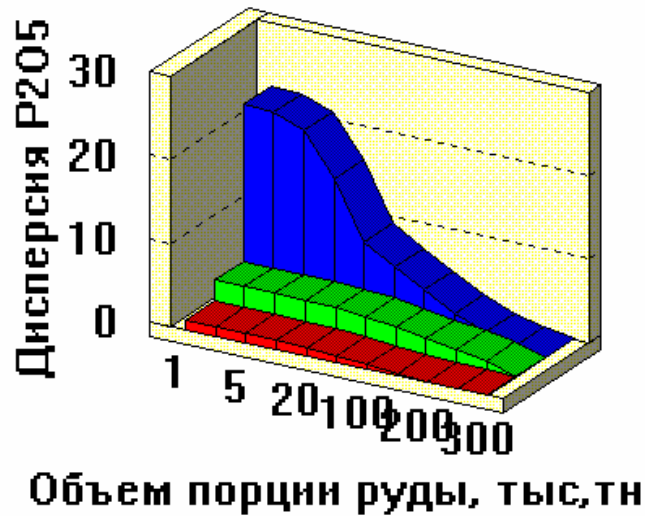


Рис. 10.22.

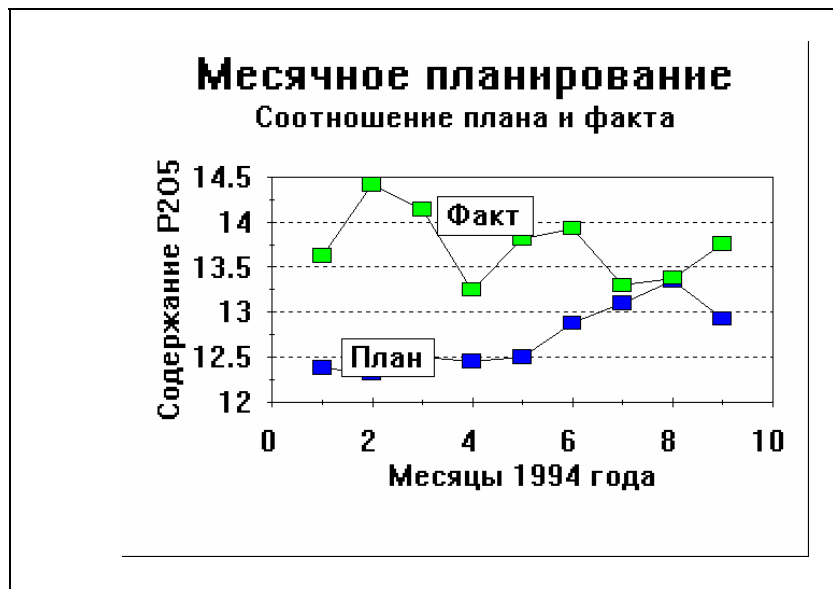


Рис. 10.23.

На рудниках (за исключением Восточного) специалисты не имеют точной информации о качестве руды, отгружаемой в данный момент и сутки на обогатительную фабрику. Колебания среднесуточных показателей далеко выходят за границы $\pm 1\%$, о чем говорят графики колебаний среднесуточных содержаний P2O5 в течение 30 дней в марте-апреле 1994 г., рис. 10.24.

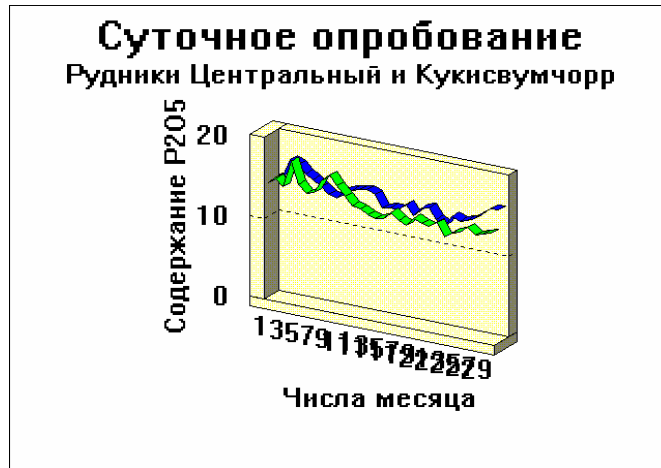


Рис. 10.24.

На АНОФ отсутствуют **экономически обоснованные и технически достижимые требования к однородности качества руды**, поступающей от рудников.

Самые "большие" места для обогатителей это: высокочастотные колебания (с ориентировочным периодом 5-20 часов) содержания P2O5 в поступающей руде, из-за которых **процесс практически постоянно работает в неоптимальном режиме**, а точно настроить его невозможно из-за инерционности данного производства и отсутствия или недостоверности прогнозной информации с рудников о качестве отгружаемой руды.

Из рис. 10.19 видно, что наиболее "опасная" для показателя извлечения P2O5 в концентрат изменчивость качества руды находится в интервале от 2.5 до 100 тыс.тн. Однако, бункер дробленой руды сглаживает высокочастотные колебания, поэтому наиболее вредные (с точки зрения извлечения) для АНОФ сегодня являются колебания с периодом 0.4 - 1.3 суток.

Колебания качества руды в недельных и месячных порциях не оказывают существенного влияния на обогащение, т.к. при наличии прогнозной информации процесс всегда можно перестроить на требуемое содержание.

Прирельсовые склады АНОФ используются в основном в качестве буферных, хотя **могут и должны** существенно корректировать содержание P2O5 в поступающей на переработку руде.

Контроль за качеством руды в АО идет в основном по показателю P2O5, хотя одним из извлекаемых минералов является нефелин, а руда кроме всего прочего содержит массу других полезных компонентов.

Итак **главные причины** потерь извлечения полезных компонентов в концентрат на АНОФ:

- некачественный прогноз низкочастотных колебаний качества поступающей с рудников руды,
- неудовлетворительный контроль и управление процессом формирования качества рудопотока АНОФ.

Для исправления ситуации, на наш взгляд, было бы разумно выполнить следующие мероприятия:

1. Разработать экономически обоснованные нормативы качества руды (стандарты), поставляемой каждым рудником на АНОФ. Ввести сертификаты на отгружаемую рудниками руду и экономические санкции за нарушение стандарта.

2. Внедрить на рудниках систему непрерывного компьютерного планирования качества добываемой руды на основе более детального опробования массива (геофизическое опробование скважин БВР) и геостатистического моделирования месторождений и очистных блоков.

На основе только этих методов, выполняемых тщательно, можно достаточно точно предсказывать содержания полезных компонентов в отгружаемой руде. Это подтверждается результатами ранее выполнявшихся на рудниках АО научно - исследовательских работ, а также реальными показателями такой деятельности на зарубежных рудниках.

3. Желательно улучшить работу диспетчерской службы АНОФ (или АО), которая, получая информацию (в т.ч. прогнозную) от рудников о качестве отгружаемой руды, формировала бы потоки обогатительных фабрик требуемой однородности. При этом обязательным условием видимо будет

превращение буферных складов фабрик в полноценные сортовые склады для корректировки аварийных ситуаций и поддержания требуемого уровня рудопотока фабрики.

4. На первом этапе можно по аналогии с западными рудниками создать в АО единую службу качества, которая была бы оснащена необходимым компьютерным оборудованием для прогнозирования и планирования качества руды, поступающей на АНОФ. Специалисты этой службы, имея, например, компьютерную систему Датамайн, могли бы выполнить моделирование всех месторождений АО, осуществлять контроль за движением запасов руды, непрерывное планирование горных работ и качества по всем рудникам, а также обеспечивать точными прогнозами качества руды диспетчерскую службу АНОФ. Впоследствии такие службы могут быть организованы на рудниках.

К сожалению, автор не располагает информацией о сегодняшнем состоянии контроля качества рудопотоков на ОАО «Апатит», поэтому вышеприведенные рекомендации можно рассматривать лишь в качестве примера.

10.10. Диагностика системы рудопотоков ОАО «Жайремский ГОК»

10.10.1. Введение

Настоящая работа была выполнена в 2002 г на ОАО «ЖГОК» в Казахстане. Ниже приводятся выдержки из Отчета, связанные с наиболее важной частью продукции карьера – первичными марганцевыми рудами. Эти руды составляли почти 80% всей добычи компании, и эта доля продолжала увеличиваться.

Работа предусматривала статистическое (геостатистическое) исследование однородности рудопотоков и выявление общих тенденций изменения качества руды на предприятии. Это связано с серьезным отрицательным влиянием, которое оказывает неоднородная руда на стабильность и эффективность работы обогатительного производства и общие экономические итоги работы компании.

Основной целью работы была оценка однородности существующих рудопотоков и расчет (при необходимости) параметров усреднительных сооружений, позволяющих существенно увеличить стабильность работы обогатительного производства и улучшить экономические показатели работы компании.

Основными этапами работы были:

- Сбор исходной информации
- Статистический анализ полученных массивов информации
- Оценка качества и однородности руды в массиве месторождения
- Оценка однородности рудопотоков первичной марганцевой руды
- Оценка однородности продуктов переработки первичной марганцевой руды
- Расчет параметров усреднительных сооружений
- Подготовка отчета

Работа производилась с использованием компьютерной системы Датамайн, а также других общераспространенных программ (Excel, Statistic и т.д.)

10.10.2. Описание системы рудопотоков

Типы руд

В период работы на предприятии действовала следующая классификация руд.

а) Окисленная и Первичная марганцевая руда

Тип руды	Содержание Mn, %	Содержание Fe, %
Балансовая	>10	<10
Забалансовая	5-10	<10
«Сомнительная»	>10	>10

б) Железная руда

Тип руды	Содержание Mn, %	Содержание Fe, %
Балансовая	<10	>30

Забалансовая	<10	25-30
«Сомнительная»	>10	>10

Ниже приведено описание только рудопотоков балансовой руды.

Окисленная Mn (Балансовая) руда

Марганцевая руда в карьере экскаватором грузится в 40 т. автосамосвалы и перевозится на временный склад на пандусе МОФ на расстояние 5-6 км (примерно 50% от общей добычи такой руды), Из них 30% сразу подается в бункер и примерно 20 % поступает на склад 4 для просушки или по другим причинам. Расстояние перевозки на склад 4 - 2,6км. После просушки, руда с 4 склада погрузчиком грузится в КАМазы и также перевозится на МОФ (3,5 км) для переработки. Вывезенная ранее на пандус руда погрузчиком подается в бункер МОФ.

Переработка руды заключается в ее дроблении, сортировке и промывке. Сменная производительность фабрики 500т. После переработки руды со средним содержанием Mn 35% получают концентрат кл. 10-100 мм, содержащий Mn до 46%, который отгружается погрузчиком в железнодорожные вагоны. Если отгрузка по каким либо причинам срывается. то концентрат накапливается на прирельсовом складе емкостью 15000т. Концентрат кл 1-6 мм в объеме 15% от переработки и содержанием Mn от 30 до 36% погрузчиком грузится в КамАЗы и перевозится на прирельсовый склад на расстояние 0,3-0,4 км. Этот продукт подшихтовывается к основной продукции, если позволяет гранулометрический состав, либо грузится в ж.д. вагоны, если на него имеется спрос.

Шлам по трубопроводу подается в отстойник, который по мере заполнения (объем 40000м³) очищается с помощью подрядных организаций. Шлама имеется в наличии около 300000т при среднем содержании Mn 17%.

Первичная Mn (Балансовая) руда

Руда из карьера с помощью 100 и 40т автосамосвалов перевозится на расстояние 2,6 км и выгружается на складе 3. Затем экскаватором ЭКГ-5 руда сначала перекидывается в конус к железной дороге, а затем, этим же экскаватором грузится в 100 т думпкары. Далее руда перевозится на прирельсовый склад ККД-1 на расстояние 14,5 км и выгружается. После этого она экскаватором ЭКГ-5 грузится в 40т БЕЛазы, которые перевозят руду в бункер ККД-1 на расстояние 0,5км. После дробления, экскаватором ЭКГ-5 дробленая руда грузится в 100т думпкары и перевозится на расстояние 6,3 км на прирельсовый склад ОФ.

Поступившая руда дробится на конусной дробилке до -40 мм и обогащается на отсадочной машине по удельному весу. Содержание Mn в поступающей руде 21-25%. В результате обогащения получается 2 вида концентрата: 6-40 и 1-6 мм. В шлам уходит до 10 процентов продукта при содержании в нем марганца более 22%. В получающемся попутно щебне (до 70% от питания) содержание марганца составляет 10-12%.

Железная (Балансовая) руда

Такая руда из карьера вывозится автосамосвалами в основном в отвал 12 (70% месячной добычи) на расстояние 3,5км, а часть руды (около 20%) поступает на 11 отвал, (расстояние 2,6 км). Из карьера непосредственно на дробление (ПДСУ) подается не более 10% руды. Расстояние до ПДСУ также 2,6 км. На 12 отвале руда грузится экскаватором ЭКГ-5, а на 11 отвале погрузчиком в КАМазы. От места погрузки до ПДСУ 0,7 и 0,5 соответственно. В месяц перерабатывается 30 т.т руды.

Переработка состоит из рассеивания рудной массы на сите с ячей 60мм. Нижний продукт грохочения (83-85% или примерно 25000 т/месяц с содержанием Fe не менее 47% и Mn - не более 8%) погрузчиком грузится в ж.д. вагоны. Крупнокусковой материал по конвейеру поступает на РСК, откуда извлекается марганцевый концентрат (примерно 800 т/месяц с содержанием Mn до 45%), который отгружается потребителям в ж/д вагоны. Оставшаяся часть материала (примерно 4200т/месяц с содержанием Mn - 16% и Fe - 30%) погрузчиком грузится в автосамосвалы и складывается рядом с ПДСУ.

Вскрышные и вмещающие породы

Эти породы вывозятся на Южный отвал. Часть породы используется для ремонта дорог и отсыпки предохранительных бровок (примерно 1,5% от общего объема вскрыши). Кроме этого, в карьер для подсыпки дорог ежемесячно завозится 10000-20000 тонн щебня. Завезенные объемы впоследствии автоматически снимаются маркшейдерским замером с общего объема добытой горной массы.

На предприятии работают 2 лаборатории, выполняющие анализы содержаний металлов в руде и продуктах ее переработки:

- химическая, имеющая филиал на ОФ, и
- ядерно-физическая (РРА), использующая для такого анализа рентген-радиометрический метод.

Вторая лаборатория в основном обслуживает геологические пробы, поступающие из карьера, а также вагонные пробы из отгружаемой продукции – концентратов. Химические анализы выполняются на дробильно-обогательном производстве, а также в качестве контроля - на всех остальных переделах. Сходимость результатов этих 2-х видов анализов достаточно высокая.

Геологи отбирают в карьере и на рудных складах следующие виды проб:

- **Горстевые пробы** на рудных складах (в основном – на складе 3). Одна проба весом 5-7 кг берется совком по равномерной сетке из конуса, содержащего примерно 120 т (3 БЕЛАЗа = 1КАТ) руды. Пробы нумеруются по времени отбора и в такой же последовательности обрабатываются в лаборатории РРА
- **Бороздовые пробы** берутся с помощью геологического молотка и совка в рудных забоях на высоте 1.5-2 м вкрест простирания рудных тел на всю их истинную мощность, включая породные прослои мощностью не более 2 м. Вес пробы 5-7 кг.
- **Шламовые пробы** отбирались до последнего времени после полного обуривания блока геологом по 1 пробе на скважину.

Надежным критерием отличия первичных и окисленных марганцевых руд является содержание СаО. Если оно выше 15%, то руда - первичная.

Окисленные руды перед опробованием иногда рассеиваются на фракции.

Время от времени геологами производится контрольная проверка руды, поступившей на ККД, ОФ, а также – на складах забалансовых руд (9а и 10).

На каждой дробильно-сортировочной установке производится ежесменный (ежесуточный) отбор и химический анализ проб поступающей руды и продуктов ее переработки. Некоторое время назад геологами осуществлялся регулярный контрольный РРА анализ проб руды, поступившей на ККД.

Опробование руды и концентрата на ОФ производится ОТК. Из поступившей руды ежесменным пробоотборником отбирается проба весом до 10 кг, а затем две часовые пробы объединяются, дробятся, сокращаются и поступают на анализ. Таким образом, за смену получают 6 двухчасовых проб. Сменные и суточные показатели получают методом средневзвешенного по результатам 2х часового опробования руды и продуктов ее переработки. Кроме этого, ежесменно отбирается проба на определение фракционного состава руды.

Готовая продукция (марганцевые и железные концентраты) опробуются (как правило – РРА) в вагонах перед отправкой потребителям.

10.10.3. Сбор исходной информации

Как было сказано выше, в работе были использованы только данные, имеющие отношение к потокам первичной Mn руды. Не были собраны результаты опробования руды на ККД из-за нерегулярности этого опробования и сравнительно небольшого числа имеющихся анализов.

Руда в массиве

Качество руды в марганцевых рудных телах оценивалось по результатам статистической обработки компьютерной базы данных по месторождению, сформированной в 2001-2002 гг. При создании в 2002 г модели (ЖГОК) верхней части месторождения Ушкатын 3 был произведен подробный геостатистический анализ всех рудных тел, и получены надежные вариограммы, по которым оценивались запасы месторождения. Модели, побранные к этим вариограммам (табл. 10.5,

были использованы в данной работе для оценки однородности руды в массиве и первичных рудопотоках.

Табл.10.5. Параметры моделей вариограмм для рудных зон месторождения (Mn)

Зона	Число проб	C0	C1	C2	По падению и простиранию		Вкрест простирания	
					A1	A2	A1	A2
1	463	47.10	26.80	13.80	7.70	126.10	2.00	15.00
2	795	97.60	30.14	18.66	13.40	87.80	2.00	15.00
3	1187	213.40	8.16	28.24	11.50	78.10	2.00	15.00
4	2489	177.34	57.29	35.47	5.50	129.30	2.00	15.00
5	4423	30.49	157.55	71.15	10.90	73.40	2.00	15.00
6	235	21.44	100.87	45.39	79.40	103.90	2.00	15.00
Среднее	9592	97.37	94.79	48.83	11.30	92.97	2.00	15.00

За основу в расчетах принималась СРЕДНЯЯ модель вариограмм для марганцевых руд.

Руда на складах

Были собраны и введены в компьютер результаты анализов (PPA) бороздовых проб окисленной, первичной Mn и Fe руды за 5 месяцев (июль – ноябрь) 2002 года. В полученном массиве содержатся данные о типе руды и содержаниях Mn, Fe и CaO (не для всех проб). Каждая проба в среднем соответствует 40 т руды. Полученный массив содержит 1026 проб окисленной Mn руды, 3228 проб первичной Mn руды и 191 проба Fe руды.

Руда и продукты ее переработки на ОФ

В компьютер были введены (из лабораторных журналов химлаборатории ОФ) результаты 2х часового опробования качества руды и продуктов обогащения (концентраты, шлам, щебень) за 2 месяца (октябрь-ноябрь) 2002 г. Регулярное опробование (на Mn и Fe) производилось только для руды, концентратов (20-40 мм, 6-40 мм и 1-20 мм), шлама и щебня. Поэтому только эти результаты использовались для анализа. Количество строк (записей) в полученном массиве для разных видов проб колеблется от 565 до 603. Анализы на Fe производились редко, поэтому в последующих расчетах не использовались.

Были использованы также компьютерные данные ОФ (ежесменные и суточные) о результатах ее работы за 5 месяцев 2002 г (июль-ноябрь). Получено 4 массива данных:

- Фракционный состав руды, поступающей на ОФ в течение смены. Для каждой фракции (+40 мм, 1-40 мм и –1 мм) определялся выход (в %), а также содержания Mn и Fe (271 наблюдение)
- Те же данные, но ежедневные (142 наблюдения)
- Количество переработанной за смену руды, выход (в %) всех продуктов обогащения, а также содержания Mn и Fe в руде и продуктах (276 наблюдений)
- Те же данные, но ежедневные (144 наблюдения)

10.10.4. Требования ОФ к однородности и качеству рудопотоков

Неоднородность поставляемой на переработку руды всегда снижает выход концентрата и извлечение в него полезных компонентов. Обогащительные процессы (иногда очень сложные) настраиваются на определенные характеристики руды: содержание металлов, соотношение разных технологических типов руды и т.д. Когда качество получаемой фабрикой руды выходит из установленных нормативов, то процессы начинают работать в неоптимальном режиме, и показатели обогащения резко ухудшаются. При этом серьезно увеличивается себестоимость концентрата и снижается прибыль предприятия.

Хотя специальных исследований последствий неоднородности руды на ЖГОКе не проводилось, а схема обогащения здесь не относится к числу очень сложных, но без всякого

сомнения последствия остаются теми же самыми: снижается выход концентрата и увеличивается его себестоимость.

Так, при уменьшении содержания Mn в руде на 1% , выход концентрата кл. 6-100мм уменьшается на 2,3 - 2,7%, а содержание металла в нем – на 1% .

На предприятии не существовало официальных требований к однородности поставляемой на переработку руды. Предварительно (для этой работы) были обозначены следующие требования:

- среднее содержание Mn в руде 19%
- допустимые колебания содержания Mn +/-2% в часовых (2х часовых) партиях

Таким образом, дисперсия (считая $2\% = 2\text{СКО}$) равна $1\%^2$, а коэффициент вариации = $1 \cdot 100 / 19 = 5.3\%$

Однако, статистические исследования показали, что за 5 месяцев 2002 г на ОФ поставлялась руда со средним содержанием: 21.8% Mn и 3.1% Fe (горстевые пробы) и 21.6% Mn и 2.8 % Fe (пробы руды на ОФ).

В процессе работы были получены официальные «требования» Технического отдела комбината к качеству поставляемой на переработку первичной Mn руды:

- Оптимальное среднее содержание металлов:
 - Mn –23,7% (при таком содержании достигается выход к-та кл. 6-100мм - 30%)
 - Fe- 2,5%
- Максимально допустимые отклонения содержаний Mn и Fe в часовых (сменных, суточных) порциях руды:
 - Нижний предел содержания Mn - 20,5-20,7 % ,
 - Верхний предел содержания Fe - 4%

Среднее содержание Mn в руде месторождения по разным источникам – различное. Результаты разведки определяют этот параметр в кондиционной руде (Mn>10%, Fe<10%) – 26.6%. Модель ММ дает среднее содержание – 24.8%, а модель ЖГОКа – 21.9%.

Существующее разубоживание руды за 8 месяцев 2002 г оценено как 15%. Если применить этот параметр к среднему содержанию, указанному ТО (23,7%, см. выше), то в рудных телах среднее содержание Mn должно быть уже 27.7%, что не обещает ни один из источников. Этот параметр достижим только при снижении разубоживания до 10% и подтверждении результатов оценки качества Mn руды геологами при разведке месторождения.

Получаемая ОФ руда в среднем содержит 21.7% Mn. При разубоживании 15% это дает 24.6% в рудных телах, что ближе к реальности. Учитывая, что в будущем разубоживание руды должно снижаться, можно рекомендовать среднее содержание Mn в руде на ОФ на ближайший год – 22%. После создания достоверной модели месторождения среднее содержание металлов в поставляемой на переработку руде будет уточняться ежегодно.

Однородность руды определяется показателем минимально допустимого содержания Mn в 2х часовых партиях 20.5%. Это условие должно выдерживаться постоянно.

Таким образом, можно сформулировать требования к поставляемой на переработку первичной Mn руде:

- **Среднее содержание Mn в течение месяца – 22%**
- **Максимальное содержание Fe в 2х часовых партиях (200-300 т) – 4%**
- **Допустимое отклонение содержания Mn в 2х часовых партиях (200-300 т) в течение месяца +/-2%**

Если принять с вероятностью 95%, что 2% Mn составляют 2 СКО (среднеквадратичное отклонение), то дисперсия составит $1\%^2$, а коэффициент вариации – 4.5%.

При повышении среднего качества руды до 23.7% (как это предполагается ТО), дисперсия составит $2.2\%^2$, а коэф-т вариации – 6.3%.

10.10.5. Основные статистические показатели рудопотоков

Представления об изменении основных параметров руды и продуктов обогащения можно получить из приведенных ниже графиков.

На рис. 10.25 показаны среднесуточные содержания Mn в руде фракций + 40 мм, поступающей на ОФ. Фракционный состав руды показан на рис 10.26. Интересно, что в ноябре содержание Mn увеличивалось только в мелкой фракции руды, в отличие от других фракций, где наблюдалось ухудшение качества. Можно отметить также большой вклад в дисперсию низкочастотных колебаний с периодом 2-3 месяца.

Таких тенденций не наблюдается в объединенных пробах руды (рис.10.27), из которого видно, что и руда и концентраты (С1 – фр. 6-60 мм, С2 – фр. 1-6 мм) испытывают похожие колебания содержания металла. На рис. 10.28 показано изменение во времени содержание Mn в хвостах и в «безрудном» щебне на выходе ОФ.

Был также подсчитан баланс металлов в поступившей на ОФ руде и продуктах ее переработки по сменным и суточным данным за 5 месяцев 2002 г. Результаты показали, что в июле-сентябре различие между количеством металлов в руде и в продуктах обогащения было очень большим (за 5 месяцев - 4.7 т т Mn и 1.3 Fe т т Fe). Причины этого надо искать на ОФ, но вероятно шло сознательное занижение содержания Mn в шламе и щебне, что и объясняет рис. 10.29. Однако, из рисунка видно, что в октябре ситуация резко изменилась, и баланс по Mn пришел в норму. Баланс по Fe остается «несбитым», что вероятно объясняется редким опробованием потока на Fe.



Рис. 10.25

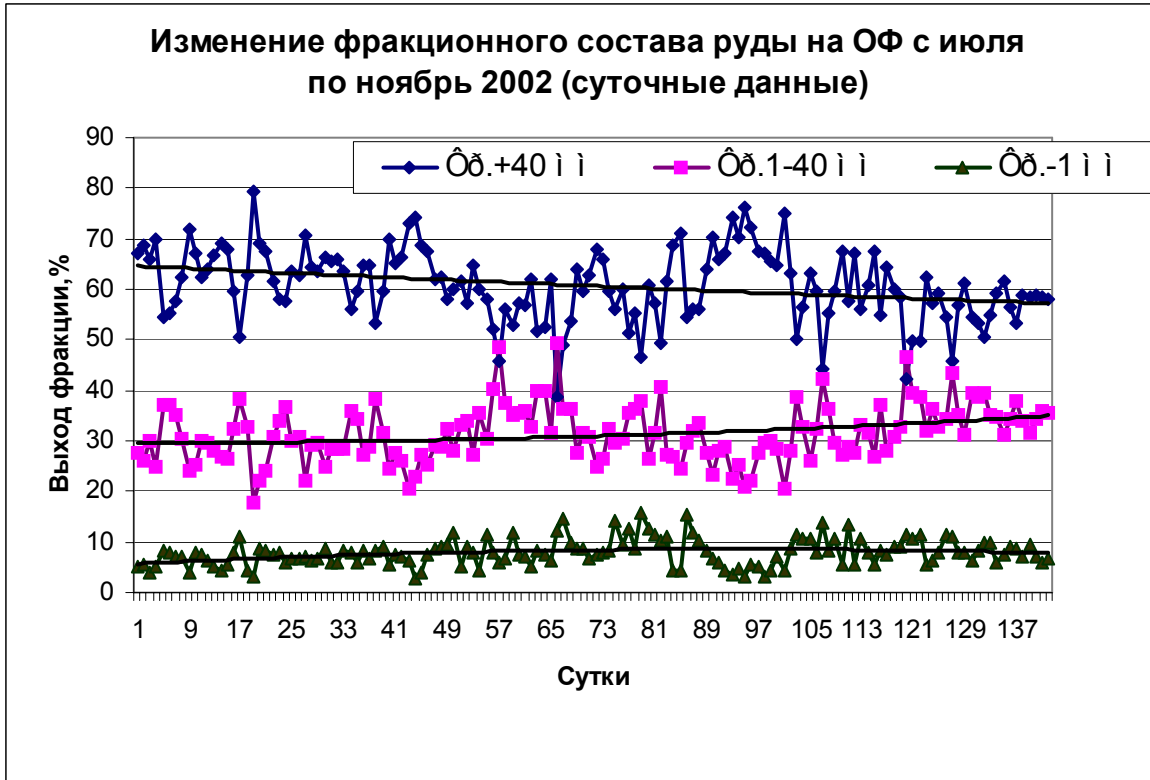


Рис. 10.26.

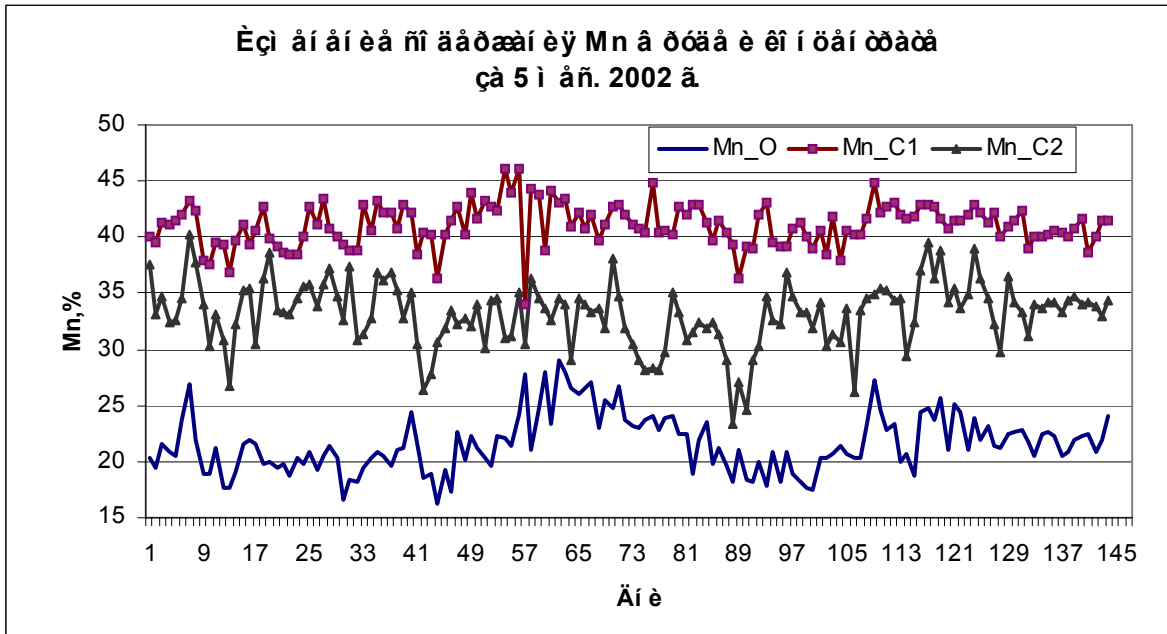


Рис.10.27.

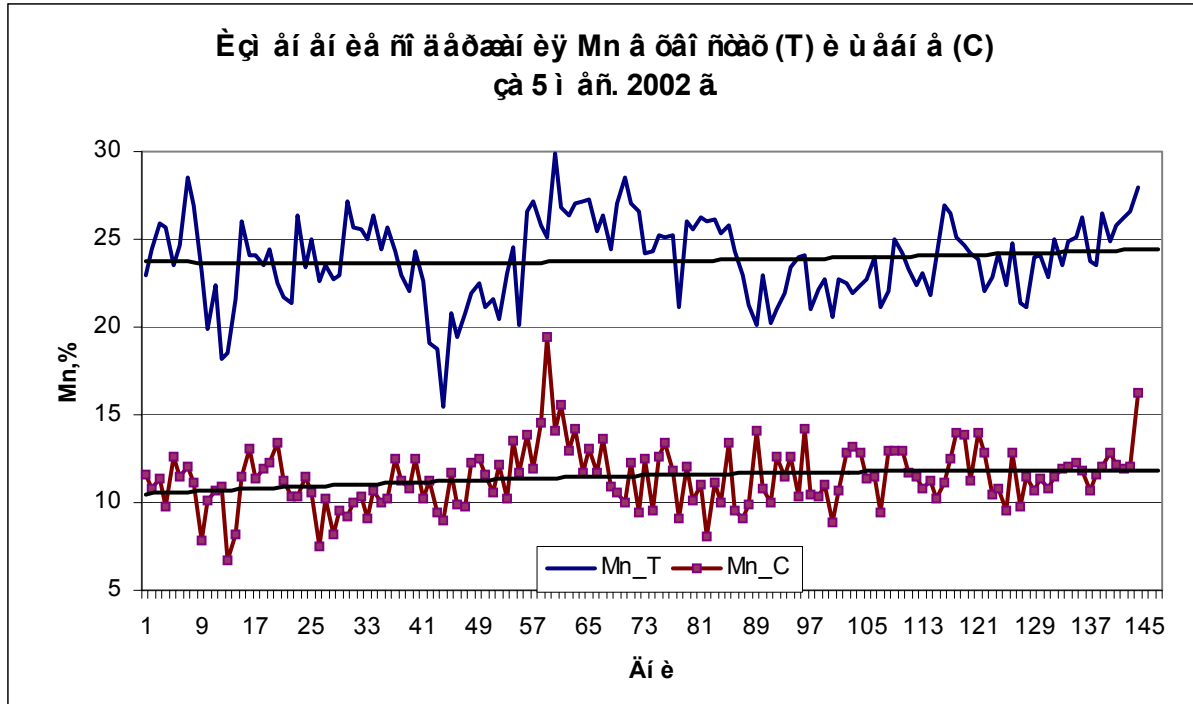


Рис.10.28.

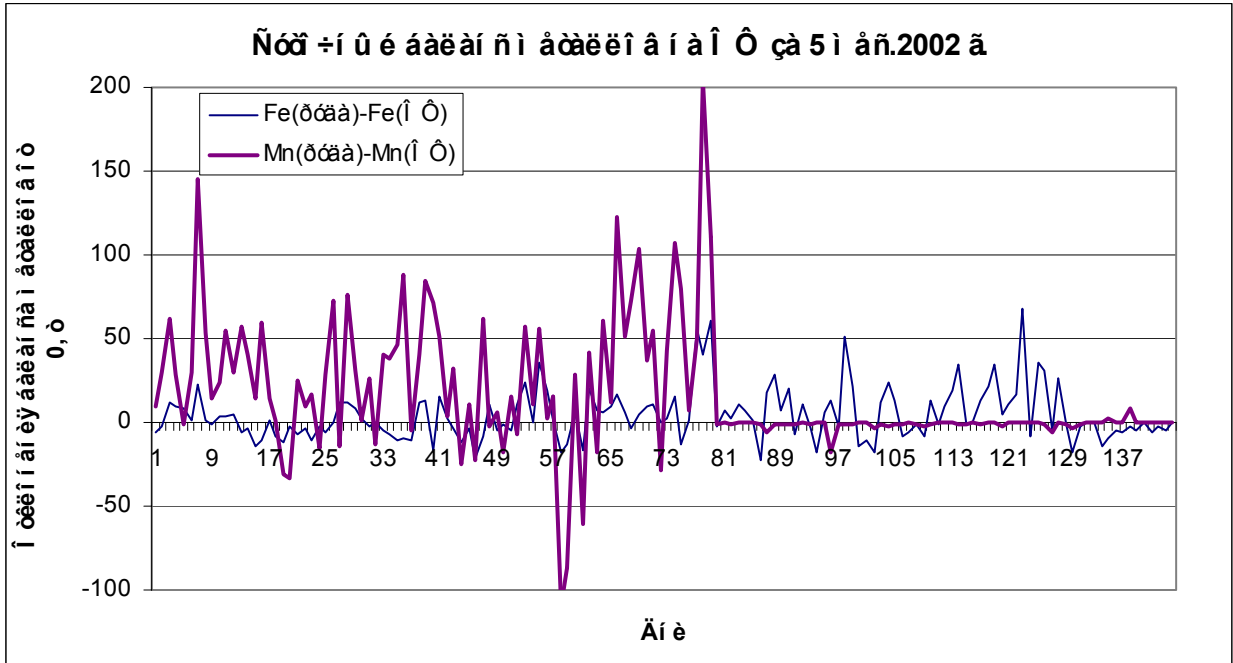
В процессе обогащения железо в основном скапливается в мелком концентрате

Следует отметить хорошо выраженное нормальное распределение Mn в горстевых пробах и логнормальное – для содержания Fe. Эту же тенденцию, выраженную несколько слабее можно увидеть и на других гистограммах металлов.

10.10.6. Корреляционный и регрессионный анализ

Для всех массивов данных выполнен корреляционный анализ. Наиболее существенная корреляция (кроме естественной – между содержаниями одного металла в разных фракциях и продуктах обогащения) наблюдается для:

- Содержаний Mn и Fe в окисленных рудах – горстевые пробы.
- Содержаний Mn и Fe в железных рудах – горстевые пробы (рис. 10.30)
- Содержаний Mn и CaO в первичных рудах – горстевые пробы (рис. 10.31)
- Выхода концентрата 6-60 мм и содержания Mn в руде
- Выхода щебня и содержания Mn в руде (рис.16)



ис. 10.29.

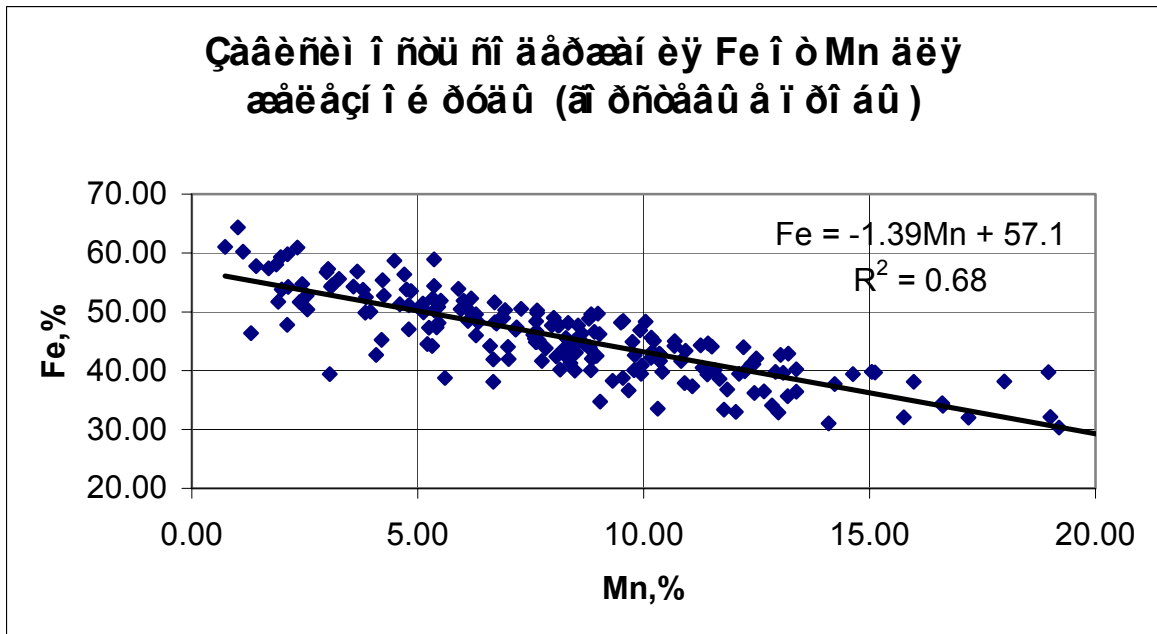


Рис. 10.30.

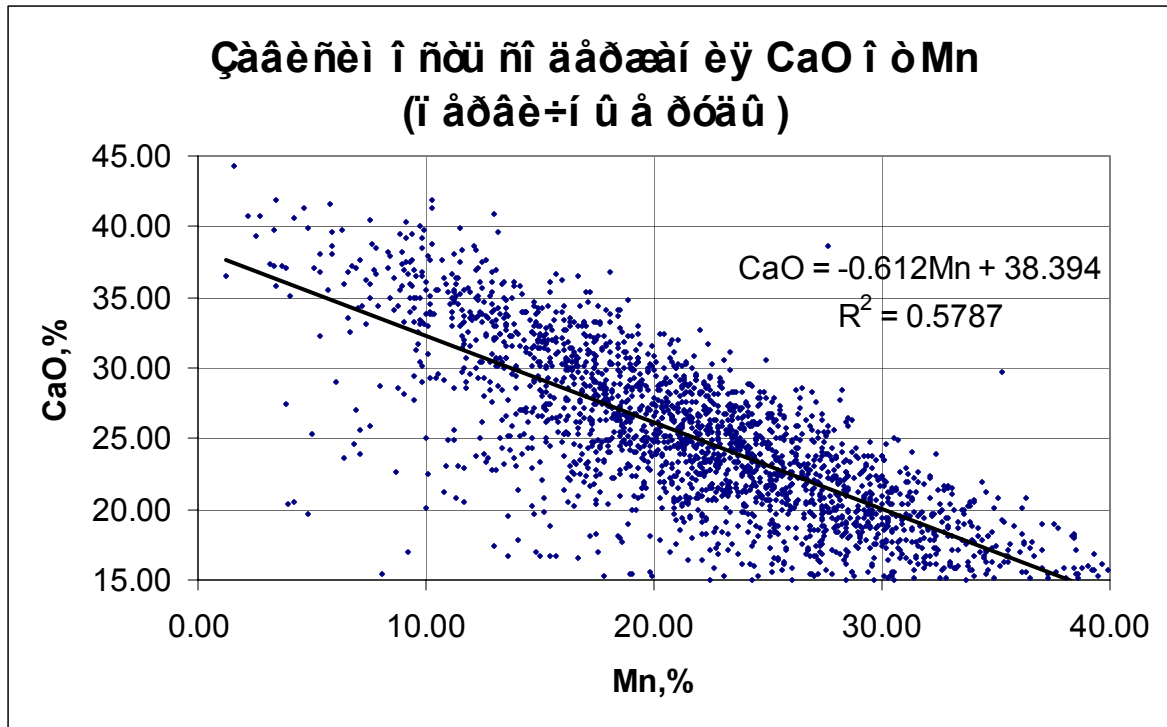


Рис. 10.31.

10.10.7. Расчет вариограмм (автокорреляционных функций) рудопотоков.

Вариограммы рудопотоков рассчитывались процессом VGRAM системы Датамайн. При этом рассматривалась только одна координата Y, которой присваивались порядковые номера проб (порций) потока по мере возрастания их во времени. Другие координаты (X и Z) приняты равными 1. Ко всем экспериментальным функциям были подобраны 2-х структурные сферические модели.

Вариограммы Mn для горстевых проб отличается высокий эффект самородков и порог. В то же время зона влияния Mn достаточно большая зона влияния – почти 100 т т. Вариограммы Fe свидетельствуют о более изменчивом характере этого показателя качества.

Функции для руды в бункере ОФ для этих металлов серьезно отличаются по величине зоны влияния. Если для Mn она составляет в среднем (для всех фракций руды) 70-90 т т, то для Fe – 160-180 т т. Форма вариограмм также заметно отличается, функция Fe больше похожа на линейную, что свидетельствует о наличии только одной структуры изменчивости.

Функции для различных фракций руды характеризуются возрастанием порога и эффекта самородков при увеличении размеров кусков руды и в то же время – уменьшением зоны влияния.

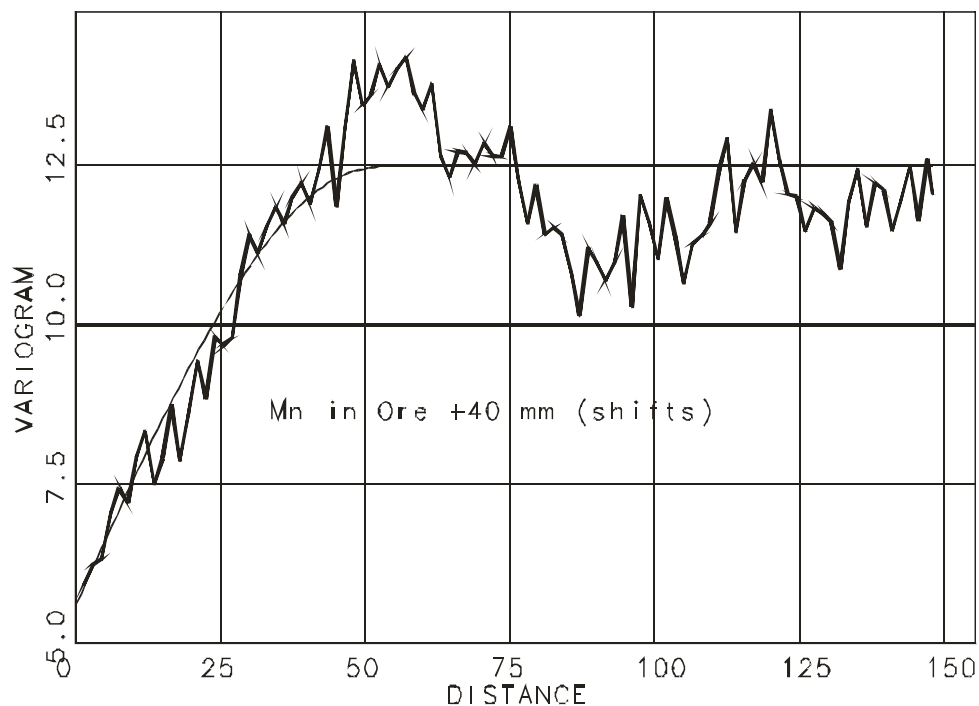
Вариограммы для продуктов обогащения характеризуются аналогичными тенденциями как и для руды, но существенно более низким порогом и эффектом самородков.

Вариограммы для выхода продуктов обогащения похожи для к-та 6-60 мм и щебня, правда вторая из них имеет более высокий порог. Кстати обе эти функции имеют «эффект включений», который обычно свидетельствует о наличии в рудопотоке зональности, т.е. чередования периодов высокого и низкого выхода данного продукта через 60-70 т т переработанной руды.

Вариограмма для к-та 1-6 мм характеризуется очень высокой изменчивостью и практически «чистым» эффектом самородков. Функция для шлама также говорит о достаточно большой изменчивости характеристик потока. На рис. 10.32. в качестве примера приведена вариограмма и модель для потока руды фракции +40 мм.

10.10.8. Исследование однородности рудопотока в карьере

В данной работе применялись вариограммные модели, полученные ранее для модели верхней части месторождения Ушкатын 3 (табл.10.5). Для анализа были использованы следующие варианты размеров рудных (выемочных) блоков:



Variogram		Grade: MN_01		
2 Structure	Isotropic Model.	Nugget	5.6	
Structure	Range	C Value	Sill	
1	46.8	1.5	7.1	
2	53.3	5.4	12.5	

Рис. 10.32. Вариограмма и модель для сменных порций руды фракции +40 мм.

- **Порция, загружаемая в а/самосвал (40 т)
Первичная Mn руда, плотность 3.1 т/м3**

Мощность линзы, мм	Высота уступа, м		
	12	6	3
	a	b	c
1	1.1*12*1	2.2*6*1	4.3*3*1
2	0.5*12*2	1.1*6*2	2.2*3*2
3	0.4*12*3	0.7*6*3	1.4*3*3
4	0.3*12*4	0.5*6*4	1.1*3*4
5	0.2*12*5	0.4*6*5	0.9*3*5

Размеры порции в массиве (длина*высота*ширина, м). Блоки ориентированы таким образом, что длина – это направление по простиранию рудного тела.

Рассматриваются 3 варианта высоты уступа.

При определении размеров суточной и т.д. отработки условно принято, что разрабатывается только данное рудное тело.

Понятно, что в реальных условиях изменчивость первичного рудопотока из карьера будет меньше за счет одновременной отработки нескольких рудных тел с разным качеством полезного ископаемого.

- **Суточная порция руды -
Первичная Mn руда, плотность 3.1 т/м³**

Мощность линзы, м	Направление - по простиранию, для уступа, м			Направление - вкрест простирания*, для уступа, м		
	12	6	3	12	6	3
	a	b	c	d	e	f
1	21.5*12*1	43*6*1	86*3*1	25*12*0.9	45*6*1	88*3*1
2	10.8*12*2	21.5*6*2	43*3*2	25*12*0.9	45*6*1	80*3*1.1
3	7.2*12*3	14.3*6*3	28.7*3*3	25*12*0.9	45*6*1	80*3*1.1
4	5.4*12*4	10.8*6*4	21.5*3*4	25*12*0.9	45*6*1	80*3*1.1
5	4.3*12*5	8.6*6*5	17.2*3*5	25*12*0.9	45*6*1	80*3*1.1

В принципе можно было рассмотреть 2 варианта отработки (как показано в таблице) вдоль рудного тела на всю его мощность и вкрест простирания - слоями по 1 м. Однако, второй вариант явно нежизнеспособен, поэтому в анализе он не участвовал.

- **Месячная отработка 24000 т (из одного рудного тела)**

Первичная Mn руда		
Длина	Высота	Ширина
645.2	12	1
322.6	12	2
215.1	12	3
161.3	12	4
129.0	12	5

Понятно, что такие размеры карьерной отработки по одному рудному телу нереальны, но для расчетов изменчивости они приемлемы. Здесь принята высота уступа 12 м.

Для небольшой высоты уступа длина фронта работ значительна. Но здесь рассматривается задача оценки неоднородности качества руды, добываемой из одного рудного тела со средними для месторождения параметрами. Естественно, что в реальных условиях в отработке будут находиться одновременно несколько линз, что (при грамотном планировании) значительно уменьшит неоднородность первичного потока карьера.

Результаты расчетов для мощности рудного тела 2 м (только по Mn) в качестве примера приведены на рис 10.33.

Анализ полученных функций показал, что форма зависимостей дисперсии от объема порции в общем похожи для разных мощностей рудных пластов. Дисперсия Mn в самосвальных порциях при добыче руды из одной линзы в течение месяца составляет 35-100%².

Чем больше мощность рудного тела, тем меньше изменчивость единичного рудопотока, что вполне понятно. Возрастание высоты уступа вызывает рост дисперсии для порций более 500 т, т.е. для низкочастотных колебаний. На высоких частотах (малых объемах порции) происходит обратное – рост высоты уступа уменьшает неоднородность руды.

На наш взгляд определяющим фактором при проектировании высоты добычного уступа должно быть снижение потерь и разубоживания руды. И только затем надо принимать во внимание влияние высоты уступа на однородность руды.

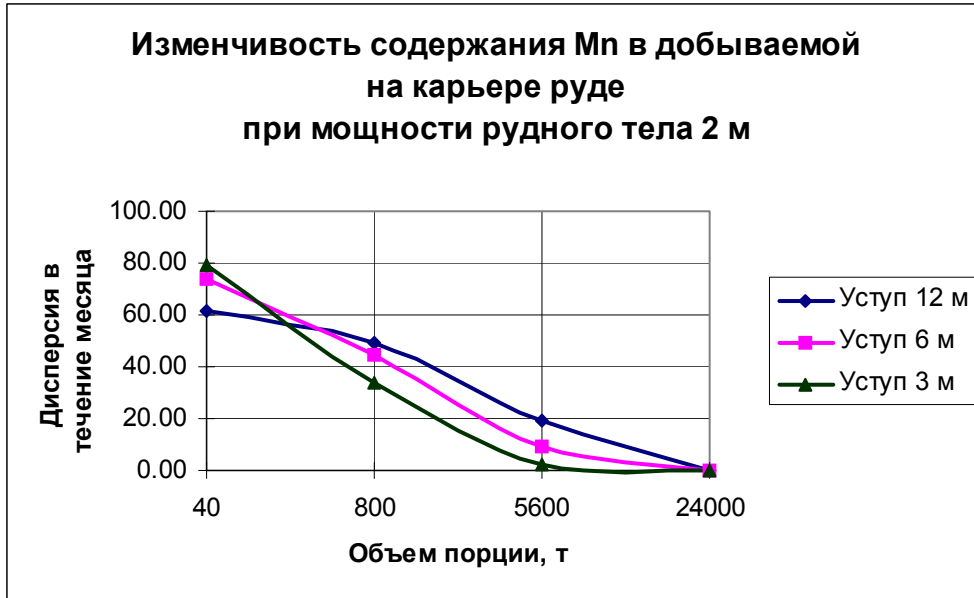


Рис. 10.33.

10.10.9. Изменчивость потоков руды на складах и на ОФ

Отгружаемая на ОФ первичная руда обычно представляет собой смесь, составленную геологами из руды, добытой в разных забоях карьера и (частично) из руды, отгруженной из забалансовых складов, которую подмешивают к основному потоку при высоком содержании Mn в добываемом в данный момент полезном ископаемом. Таким образом, изменчивость средних параметров этой смеси должна быть существенно ниже, чем дисперсия качества руды, добытой из одного забоя. Если между смешиваемыми потоками отсутствует корреляционная связь, то дисперсия суммарного (D) потока из N единичных (Di) равна

$$D = D_i / N$$

Даже если мы смешиваем только 2 потока, то суммарный поток будет иметь изменчивость (дисперсию) в 2 раза меньшую, чем единичный.

На рис. 10.34 показан график зависимости дисперсии рудопотока на складе 3 (горстевые пробы) от объема порции руды в течение месяца. Цифрами на графике обозначены объемы порций руды.

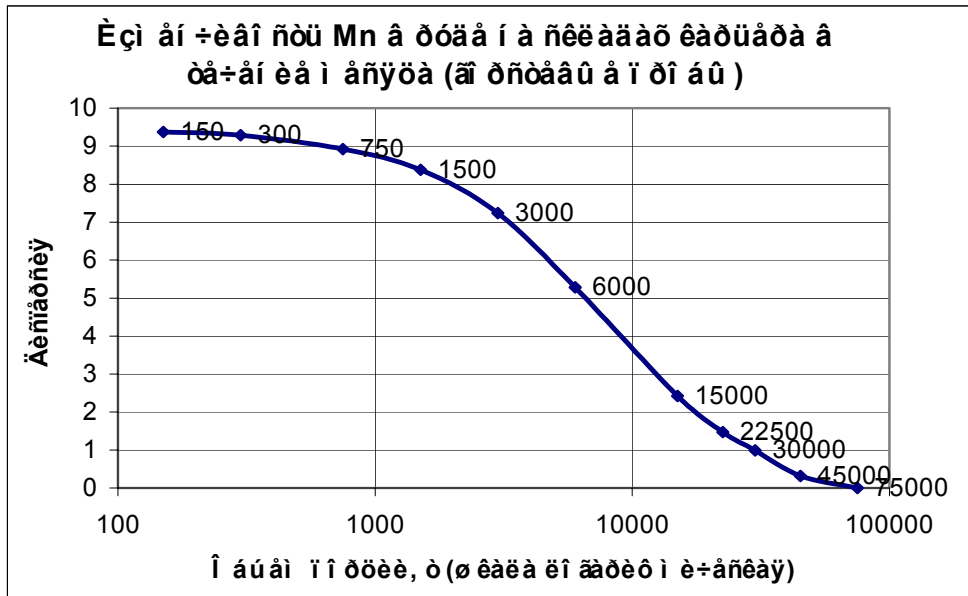


Рис. 10.34

Из рисунка видно, что до погрузки в думпкары руда серьезно перемешивается как за счет объединения потоков разных забоев (складов), так и за счет шихтования. Если к этому добавить качественное краткосрочное планирование горных работ в карьере, то только на этой стадии уже можно получить неплохие результаты.

Далее руда поступает на ККД для первичного дробления, где также производится ее дополнительное перемешивание при перегрузках и в конусе дробленой руды. (кстати здесь же идет сегрегация руды по крупности). Естественно, что изменчивость рудопотока за счет этого несколько снижается. Однако, она пока существенно выше, чем требуется (Рис. 10.35).

10.10.10. *Изменчивость продуктов обогащения*

Процессы обогащения оказывают большое влияние на однородность конечных продуктов. Изменчивость содержания Mn в основном концентрате (рис. 24) очень низка по понятным причинам, зато дисперсия выхода этого концентрата (рис. 25) приближается к аналогичным показателям для входного потока руды.

Дисперсия выхода щебня примерно аналогична вышеупомянутой величине - для концентрата (рис. 10.36). Колебания содержания Mn в шламе примерно такие же как и в концентрате.

10.10.11. *Расчет параметров усреднительного склада*

Полученные выше результаты показывают, что для достижения требуемой однородности рудопотока на входе ОФ он должен быть усреднен как за счет целенаправленного одновременного объединения с рудопотоков разных добычных забоев и рудных складов, так и за счет перемешивания смежных во времени порций руды.

Выше говорилось, что первое условие может быть достигнуто за счет качественного краткосрочного планирования обработки рудных забоев, позволяющего постоянно выдерживать среднее содержание

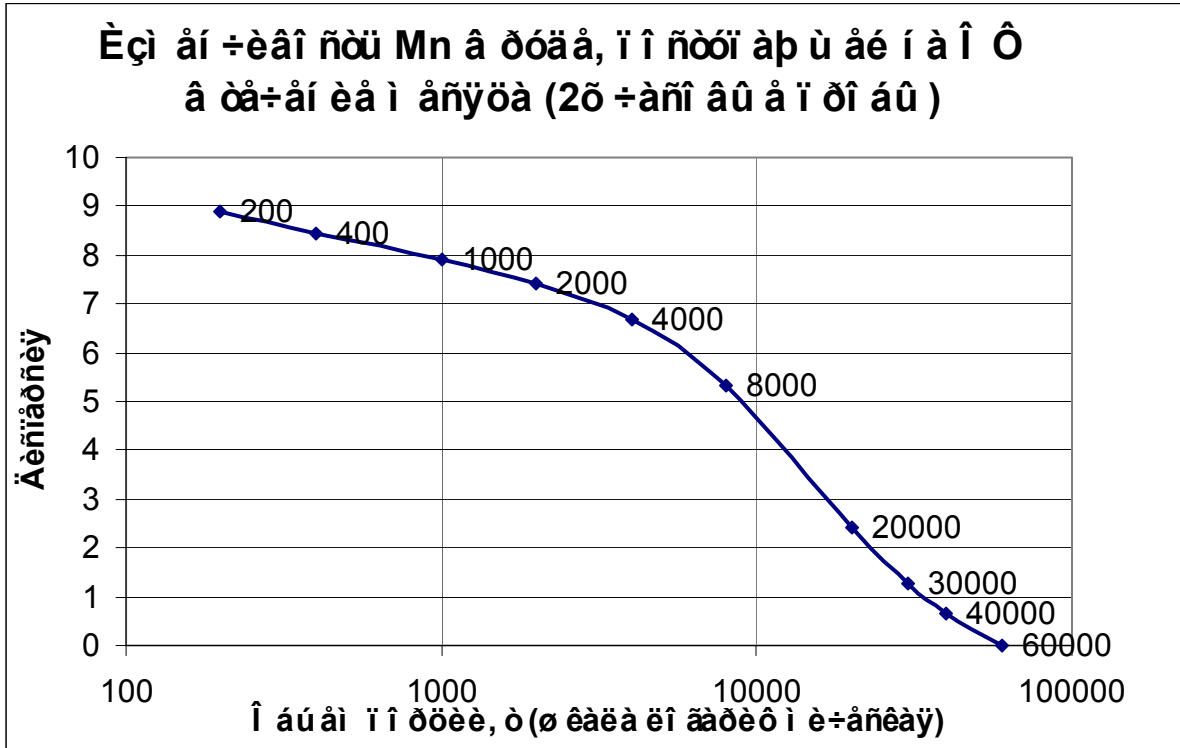


Рис.

10.35

Второе условие достигается за счет создания специального усреднительно-буферно-перегрузочного склада руды необходимого объема и конструкции. Должна быть также рекомендована технология загрузки и разгрузки такого склада.

Имеется большой перечень технической литературы, посвященной расчетам параметров усреднительных складов. Эти расчеты обычно очень сложные, требующие привлечения специального математического аппарата и процессов динамического программирования.

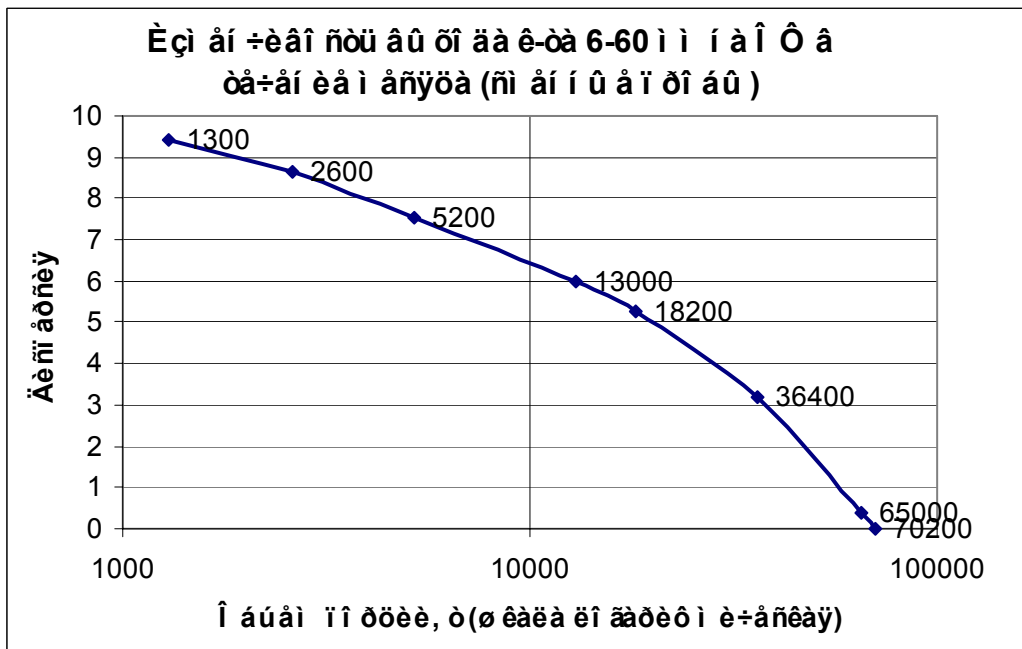


Рис.10.36

Окончательное уравнение для расчета емкости смесителя.

$$V_{sm} = \exp \left[\ln V \left(1 - \frac{D_{id}}{D_{vh}} \right) \right]$$

Место размещения усреднительного склада. Можно рассмотреть 3 варианта:

- Промплощадка карьера
- ККД
- Промплощадка ОФ

Вероятно, лучшим местом будет первое, т.к. здесь можно выбрать наиболее удобное место для такого штабеля, склад будет одновременно и буферно - перегрузочным. Среднее содержание металлов на отдельных участках штабеля можно значительно проще корректировать за счет близ расположенных рудных складов и автотранспорта.

Увеличение емкости склада дробленой руды на ККД потребует дополнительных площадей, постоянной работы мощного бульдозера, параметры склада будет труднее корректировать за счет ж/д транспорта.

Наиболее распространенной и приемлемой конструкцией склада на недробленых скальных породах является обычная отвальная конструкция, т.е. – штабель с наклонными слоями. Правда, он обеспечивает несколько худшее усреднение, чем штабель с горизонтальными слоями, но более прост в эксплуатации. Такой склад должен состоять не менее, чем из 2-х секторов, один из которых находится в разгрузке, а второй в это время заполняется.

Емкость склада, рассчитанная по вышеприведенным формулам составляет для рудопотока первичной руды ЖГОКа:

- При требуемой дисперсии $M_n = 1 \%^2$ (см. раздел 4) и месячной производительности ОФ по руде 80000 т – 41.7 тыс т руды
- При требуемой дисперсии $M_n = 2.2 \%^2$ - 19.1 тыс т.

Геометрические размеры склада рассчитываются, исходя из целесообразной его высоты и наличия свободного прирельсового пространства. Разгрузка склада должна производиться прямо в думпкары, а сам склад может состоять из нескольких штабелей.

Рассчитанные объемы склада можно значительно уменьшить за счет:

- Качественного краткосрочного планирования отработки рудных забоев и формирования усреднительного склада.
- Создания лучших условий для перемешивания руды на складе ККД (увеличения емкости прирельсового склада)

10.10.12. Заключение

В пределах настоящей работы были проанализированы статистические параметры рудопотоков первичной марганцевой руды Жайремского ГОКа за 5 месяцев 2002 г.

Требуемые показатели качества рудопотока, поставляемого карьером на Обогательную Фабрику, включают в себя:

- **Среднее содержание Mn в течение месяца – 22% (23.7%)**
- **Максимальное содержание Fe в 2х часовых партиях (200-300 т) – 4%**
- **Допустимое отклонение содержания Mn в 2х часовых партиях (200-300 т) в течение месяца +/-2%**

Первые 2 требования должны удовлетворяться за счет грамотного ежесуточного планирования горных работ (GRADE CONTROL) геологической службой комбината.

Последнее условие можно выполнить созданием на карьере усреднительно - буферного склада первичной руды емкостью не менее 20 – 40 т.т., состоящего из 2-х секторов: загрузочного и разгрузочного.

Настоящая работа должна быть дополнена анализом ситуации с разубоживанием и потерями руды на карьере. После этого картина будет достаточно полной.

Желательно также выполнить исследования для рудопочков окисленной марганцевой и железной руды.

Литература:

1. Хохряков В.С., Борисов О.Ю., Автоматизированные расчеты карьерного автотранспорта на базе геоинформационного банка данных, Известия Вузов "Горный журнал", 1991, 4, с.24-30.
2. Хейт, Математическая теория транспортных потоков. МИР, Москва, 1966, 286 с.
3. Дрю, Теория транспортных потоков и управление ими., М, Транспорт, 1972, 424 с.
4. М.Вол, Б.Мартин, Анализ транспортных систем, М, Транспорт, 1981, 515 с.
5. Петер А., Стенбринк, Оптимизация транспортных сетей, М, Транспорт, 1981, 320 с.
6. Фундаментальная теория рудопотока., Апатиты, ГИ КНЦ АН СССР, 1983, 104с.
7. Технология минерального сырья на перепутье, М.Недра, 1992, 272 с.
8. Ершов В.В., Геолого-маркшейдерское обеспечение управления качеством руд, М, Недра, 1986, 261 с.
9. Цеховой А.Ф., Технология управления рудопотоками асбестовых карьеров, Дисс. д.т.н. М., МГИ, 1992, 402 с.
10. В.И.Усынин, С.П.Решетняк Открытая разработка железорудных месторождений Севера Апатиты, ГИ КНЦ РАН, 1987, 118 с.
11. Б.В.Артемов (Красноярский Инст.Цв.мет), Применение метода имитационного моделирования при проектировании новых транспортных систем., Проектирование открытой разработки месторождений, Л, ЛГИ, 1986, с.94-98
12. В.В.Ржевский ,Открытые горные работы, ч.1,2. М.,Недра, 1985, 509+549 с.
13. Жуков А.В. , Диагностирование эффективности и оптимизация параметров производственно-технических систем горных предприятий, в 2-х частях, Владивосток; ДВНЦ АН СССР, 1986. 296 с.
14. Подольский М.П. Методы управления горным производством, Конспект лекций, М., МГИ, 1984, 48 с.
15. Моделирование и управление горнорудными предприятиями. С.Л.Каграманян, А.С.Давидкович, В.А.Малышев и др.-М.:Недра, 1989.-360 с.
16. Имитационное моделирование горного производства, Апатиты, КНЦ АН СССР, 1990, 109 с.
17. Системный анализ развития горнодобывающих предприятий (проблемы теории и методологии), Л, Наука, 1991 180 с.
18. Козин В.З.. Опробование и контроль технологических процессов обогащения., М. Недра, 1985, 294 с.
19. Козин В.З. Экспериментальное моделирование и оптимизация процессов обогащения полезных ископаемых, М, Недра, 1984, 112 с.
20. Шупов Л.П. Моделирование и расчет на ЭВМ схем обогащения, М. Недра, 1980, 288 с.
21. Гудков В.М., Васильев А.А., Николаев К.П. Прогноз и планирование качества полезного ископаемого, М. Недра, 1976., 191 с.
22. Грачев Ф.Г. Управление качеством сырья на горнорудных предприятиях, М. Недра, 1977., 208 с.
23. Новожилов М.Г., Ройзен Я.Ш., Эрперт А.М., Качество рудного сырья черной металлургии, М. Недра, 1977., 415 с.
24. Капутин Ю.Е., Ежов А.И., Хенли С., Геостатистика в горно-геологической практике, Апатиты, КНЦ РАН, 1995 г, 200 с.

11. Управление потерями и разубоживанием руды

11.1. Введение

В этом разделе рассматриваются некоторые особенности нормирования и оптимизации потерь и разубоживания руды на открытых и подземных горных работах с использованием горных информационных технологий. Часть материалов и примеров были любезно предоставлены г-ном Ярковым А.В. (Киргизия), имеющим большой практический опыт в данной области. Им же разработан метод расчета потерь и разубоживания на основе блочной модели месторождения,

который был с успехом применен при проектировании отработки крупнейших золоторудных месторождений Киргизии.

Существует громадное количество отечественной литературы, посвященной рассматриваемой проблеме, и изданной, как правило, в советский период. Поскольку потери и разубоживание – преимущественно экономические категории, тесно связанные между собой, то естественно, что при переходе к рыночной экономике акценты и критерии при расчете этих параметров несколько изменились.

В разделе рассматриваются только те потери, которые связаны с системой и технологией отработки запасов руды, в т.ч. - применяемым оборудованием (потери при добыче). Здесь не затрагиваются потери при транспортировке, складировании и т.п., которые обычно добавляются к потерям при добыче с помощью отраслевых и других нормативов.

Величина потерь и разубоживания при добыче руды уникальны для каждого рудника и месторождения. Задача нормирования и оптимизации этих показателей является скорее исследовательской и комплексной, которая должна решаться, прежде всего, на стадии проектирования и затем – периодически во время работы горного предприятия при изменении главных экономических параметров, технологии и механизации добычи руды.

Существуют несколько методик расчета потерь и разубоживания, которые устанавливают общие принципы таких расчетов для различных типов месторождений полезных ископаемых. В частности, одна из методик для золоторудных месторождений была разработана в советское время в институте Ирриредмет [1]. Каждая отрасль горной промышленности имела собственные нормативы, которые закладывались в проекты новых и реконструируемых рудников и строго контролировались (и контролируются) Госгортехнадзором.

Задача, в принципе была очень простой. Потери – это часть полезного ископаемого, которое экономически выгодно отправлять в отвал, отработывая его совместно с породой. Иногда термин потери заменяют термином - извлечение при добыче и рассчитывают его как разницу (100% - Потери руды, %). Разубоживание – это часть породы (N% породы в поставляемой на переработку товарной руде), которую экономически выгодно перерабатывать вместе с рудой, снижая, таким образом, среднее содержание полезных компонентов в рудопотоке и увеличивая его тоннаж. Для каждого рудного тела или его участка с отличающейся геометрией (угол наклона висячего и лежащего борта, мощность, параметры выемочного оборудования и т.п.) подбирались такое соотношение потерь и разубоживания, которое дает минимальный экономический ущерб.

Можно теоретически добиться нулевого значения этих параметров за счет применения таких высокоточных методов опробования и добычи, которые будут гарантировать 100% выемку полезного ископаемого и 100% отделение руды от породы. Но такая технология потребует резкого увеличения производственных затрат, снижения производительности, которые скорее всего не позволят компании получать прибыль. Чем больше производительность рудника, тем больше размеры горного оборудования и тем больше происходит перемешивание руды и породы в контактных зонах месторождения.

Эту смешанную с породой руду можно отправить либо в отвал, когда затраты на обогащение примешанной породы велики по сравнению с ценностью руды в этой смеси (Потери = N, Разубоживание = 0), либо – на переработку, когда цена полезного компонента очень высока (Потери = 0, Разубоживание =N). «Истина», обычно лежит посередине, т.е. разумную часть металла отправляют в отвал, смиряясь с неизбежными убытками, а часть породы – на фабрику, где она проходит полную переработку, увеличивая удельные затраты на производство конечного продукта.

Таким образом, при расчетах нормативов потерь и разубоживания сначала определяют экономически целесообразный объем перемешивания руды и породы, который зависит от формы и геометрии контактных зон, эффективности и оперативности методов геологического опробования массива, ценности полезного ископаемого, применяемой системы разработки и размеров горного оборудования.

Далее необходимо экономически оптимизировать границу между потерями и разубоживанием, т.е. найти, какую часть смеси разумно отправлять в отвал, а какую – на переработку. Таким образом, мы получим 3 параметра:

- Ожидаемые потери руды при добыче или извлечение ($P_L, \%$)
- Ожидаемое разубоживание добываемой руды пустой породой или бедной (забалансовой) рудой ($P_d, \%$)
- Содержание полезных компонентов в примешиваемой породе (C_d)

Извлекаемые запасы товарной руды при планировании обычно рассчитывают следующим образом.

1. Определяется тоннаж товарной руды (P_T), поставляемой на фабрику

$$P_T = P_G * (1 - P_L/100) * (1 + P_d/100), \quad (11.1)$$

где P_G – геологические запасы руды, подлежащие выемке.

2. Определяется количество металла, содержащегося в товарной руде (M_T)

$$M_T = P_G * (1 - P_L/100) * c_G + (P_G * P_d/100) * c_d, \quad (11.2)$$

где c_G – содержание металла в геологических запасах руды, подлежащих выемке

3. И, наконец, рассчитывается среднее содержание полезного компонента в товарной руде

$$c_d = M_T / P_T \quad (11.2)$$

Конечно, формулы 11.1 – 11.3 для разных полезных ископаемых будут иметь разный вид. В данном случае выражения соответствуют месторождениям драгоценных металлов, где содержание измеряется в г/т.

11.2. Методика расчета потерь и разубоживания руды

Напоминая еще раз, что каждое горное производство требует уникального подхода для определения нормативов потерь и разубоживания, приводим одну из методик, предложенную г-ном Ярковым А.В. для одного из коренных золоторудных месторождений, обрабатываемого открытым способом. В ней нормативы потерь и разубоживания рассчитываются без экономической оптимизации, имея в виду, что экономические параметры учитывались при обосновании бортовых содержаний и границ между сортами руды.

На рассматриваемом месторождении (Рис. 11.1) отсутствуют четкие литологические контакты между рудой и породой, и границы оруденения определяются по результатам опробования на основе установленных бортовых содержаний. Балансовые руды с содержанием более 1,54 г/т граничат либо с бедной рудой либо со сверхбедной рудой и породой. Это в свою очередь определяет низкий уровень потерь и разубоживания руды, поскольку теряемая руда имеет в приконтурной зоне низкое содержание, а разубоживающая масса в большинстве случаев является либо бедной рудой, которая также направляется на переработку, либо сверхбедной рудой или породой.

Методика расчета нормативов потерь и разубоживания оперирует со следующими типами горной массы:

- пустая порода – содержание золота меньше 1 г/т
- забалансовая руда (сверхбедная руда) 1,0-1,28 г/т .
- руда с низким содержанием (бедная руда) 1,28 – 1,54 г/т;
- руда со средним содержанием 1,54 – 3,5 г/т;
- руда с высоким содержанием - содержание золота более 3,5 г/т;

Для упрощения расчетов разубоживания в элементарном блоке приняты следующие допущения:

- - удельный вес руды и разубоживающей горной массы равны ($\gamma_r = \gamma_d$);
- - содержание золота в разубоживающей массе имеет постоянное значение;
- - предполагается, что взрывание рудного блока будет вестись в зажатой среде, что приведет к пропорциональному увеличению всех геометрических размеров рассматриваемого блока в массиве, а следовательно и его объема. Поэтому используемые в приведенных формулах геометрические параметры рассматриваются без уточнения, взорванный массив или целик.

Рассматривается 3 варианта отработки элементарного блока (ячейки блочной модели), когда блок (размерами 10*10*8 м) представляет собой:

1. богатую руду (Рис. 11.2)

2. руду среднего качества (Рис. 11.3)
3. руду с низким содержанием (Рис. 11.4)

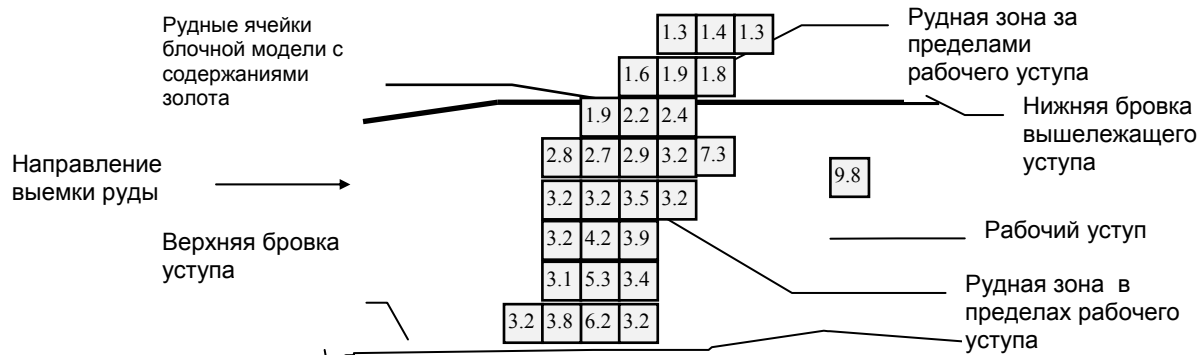


Рис. 11.1. Схема отработки уступа (одного слоя блочной модели)

В первом варианте потери принимаются равными нулю из-за высокой ценности руды.

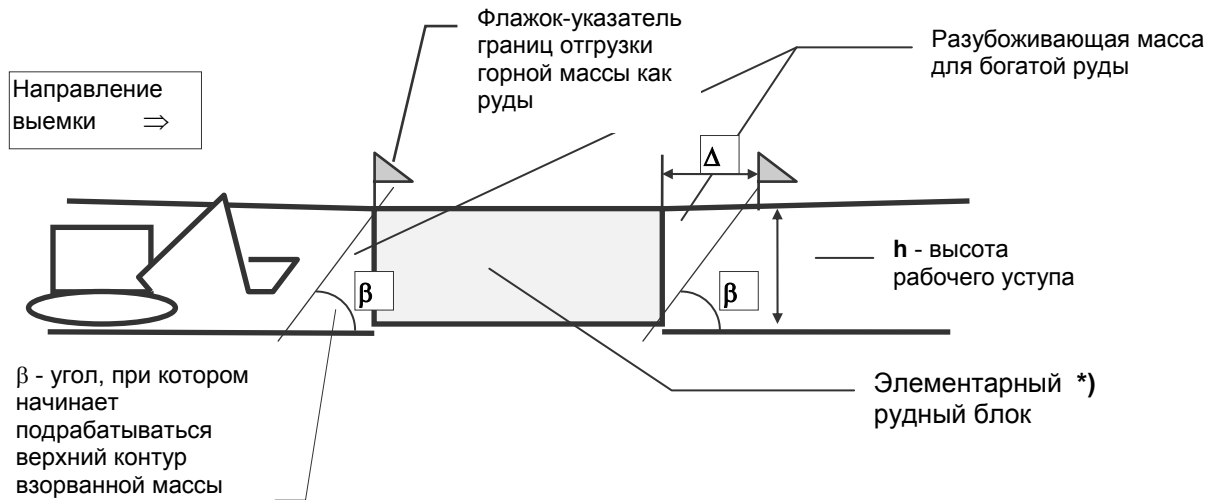


Рис. 11.2. Схема отработки рудного блока богатой руды

Принятая на руднике система контроля качества рудопотоков предусматривает опробование шлама всех скважин БВР и оконтуривание зон с разными типами руды цветными флажками по поверхности навала руды. Эти флажки служат ориентиром для экскаваторщиков, производящих отгрузку руды в забое.

Расчетная формула для определения количества разубоживающей горной массы, прихватываемой вдоль одной грани элементарного блока, будет выглядеть следующим образом.

$$Pld = (h^2 / 2tg \beta) \times l \times k \times \gamma d \quad **)$$
(11.4)

Величина коэффициента разубоживания в этом случае будет рассчитываться по формуле:

$$d_l = 1 - \frac{(Pr \times cr + Pld \times cd)}{cr}, \quad (11.5)$$

где

d_1 - коэффициент разубоживания в варианте 1;

l - длина элементарного рудного блока или длина линии отгрузки при нескольких гранях отгрузки, м;

h - высота элементарного рудного блока добычного уступа, м;

β - угол, при котором начинает подрабатываться верхний контур взорванной горной массы при черпании ковшом экскаватора по подошве уступа (определяется экспериментально), град.;

c_d - содержание золота в разубоживающей горной массе, г/т;

c_r - содержание золота в элементарном рудном блоке, г/т;

P_{ld} - разубоживающая горная масса в варианте к схеме I, т;

P_r - запасы руды в рассматриваемом элементарном блоке, т;

Δ - расстояние до установки флажка-указателя границы горной массы, отгружаемой как руда, м.

γ_r - удельный вес руды, т/м³;

γ_d - удельный вес разубоживающей горной массы, т/м³;

Примечание: * - элементарным блоком при **планировании** потерь и разубоживания считается основная ячейка (блок) блочной модели, в данном случае (10 x 10 x 8 м);
- элементарным рудным блоком, предназначенным к **выемке**, считается рудный блок, тяготеющий к взрывной рудной скважине с геометрическими параметрами, зависящими от расстояния между взрывными скважинами.

******) в случае, если элементарный блок имеет 2, 3 или 4 грани прихватываемой при отгрузке породы, то коэффициент k будет равен соответственно 2, 3 или 4.

Для второго варианта, когда обрабатываемый блок состоит из руды со средним содержанием, условно принимается, что потери и разубоживание представляют одинаковые треугольники на разрезе (рис. 11.3).

В данном случае расчетная формула для определения потерь руды в элементарном отбитом блоке будет следующей:

$$P_{ll} = (h_L^2 / 2 \operatorname{tg} \beta) \times l \times k \times \gamma_r \quad ** \quad (11.6)$$

Величина коэффициента потерь здесь будет рассчитываться по формуле:

$$p_{ll} = P_{ll} / P_r \quad (11.7)$$

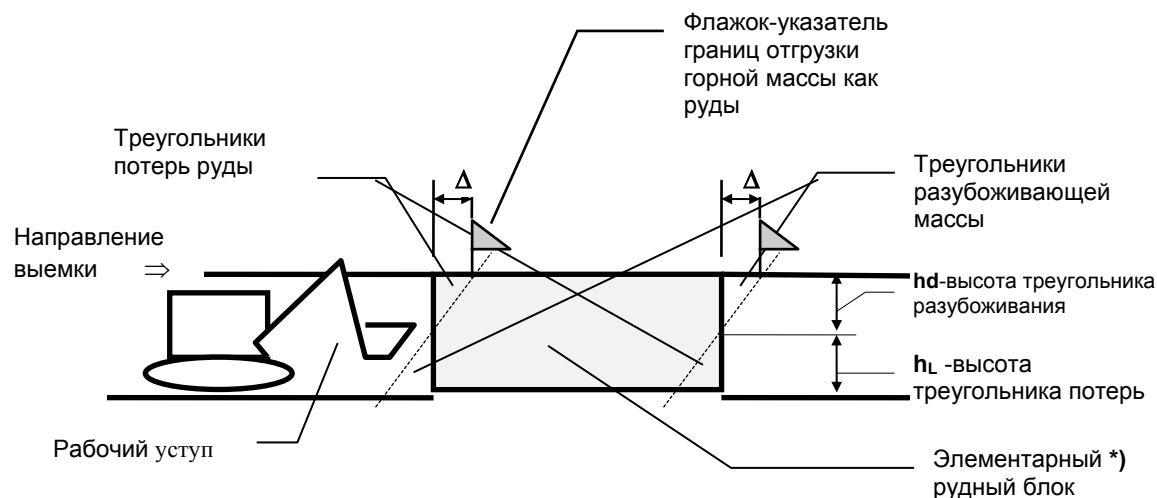


Рис. 11.3. Схема отработки рудного блока руды среднего качества

Расчетная формула для определения количества разубоживающей горной массы, прихватываемой вдоль одной грани элементарного блока, будет следующей

$$P_{II d} = (hd^2 / 2tg \beta)^x l^x k^x \gamma d^{**} \quad (11.8)$$

Величина коэффициента разубоживания в этом случае будет рассчитываться по формуле:

$$d_{II} = 1 - \frac{(Pr^x cr - P_{II L}^x cr + P_{II d}^x cd)}{cr} \quad (11.9)$$

p_{II} - коэффициент потерь в варианте к схеме II;

d_{II} - коэффициент разубоживания в варианте к схеме II;

l - длина элементарного рудного блока или длина линии отгрузки при нескольких гранях отгрузки, м;

h_d - высота треугольника разубоживания элементарного рудного блока, м;

h_L - высота треугольника потерь элементарного рудного блока, м;

β - угол, при котором начинает подрабатываться верхний контур взорванной горной массы при черпании ковшом экскаватора по подошве уступа (определяется экспериментально), град.;

c_d - содержание золота в разубоживающей горной массе, г/т;

c_r - содержание золота в элементарном рудном блоке, г/т;

$P_{II d}$ - разубоживающая горная масса в варианте к схеме II, т;

$P_{II L}$ - потери руды в варианте к схеме II, т;

P_r - запасы руды в рассматриваемом элементарном блоке, т;

Δ - расстояние до установки флажка-указателя границы горной массы, отгружаемой как руда, м.

В третьем варианте, когда блок представлен бедной рудой (рис. 11.4), весь материал приконтактной зоны идет в отвал (склад бедной руды), и расчетная формула для определения потерь руды будет следующей:

$$P_{III L} = (h^2 / 2tg \beta)^x l^x k^x \gamma r^* \quad (11.10)$$

Величина коэффициента потерь в этом случае будет рассчитываться по формуле:

$$p_{III} = P_{III L} / Pr \quad (11.11)$$

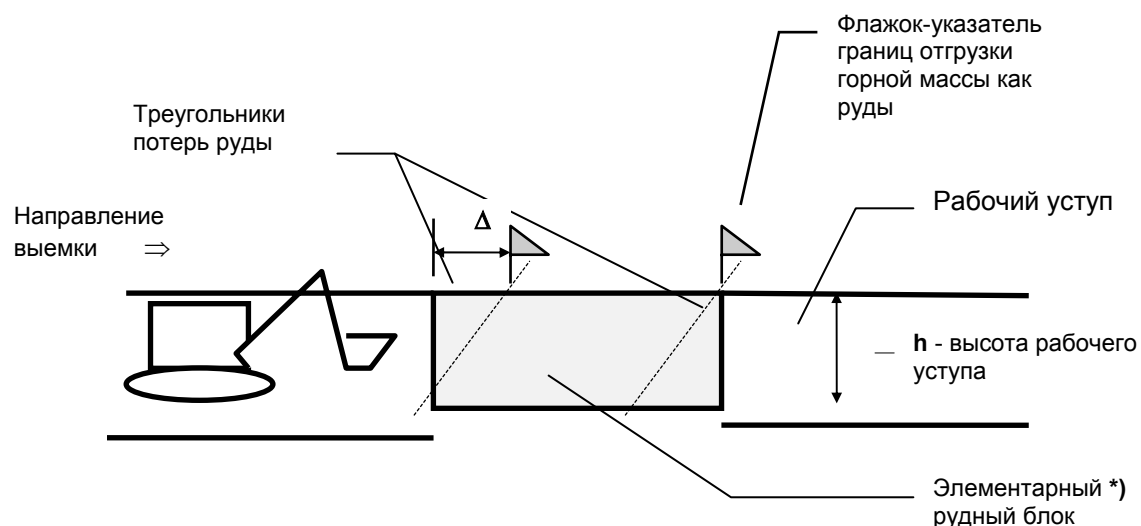


Рис. 11.4. Схема отработки рудного блока бедной руды

p_{III} - коэффициент потерь в расчетах к схеме варианта 3 ;
 $P_{III L}$ - потери руды в варианте 3, т;

Расчет потерь и разубоживания для рудной зоны.

В общем случае при расчете потерь и разубоживания в рудной зоне, которая рассматривается как набор элементарных рудных блоков, имеющих хотя бы одну грань соприкосновения друг с другом, ведется по следующим формулам.

Потери золота в рудной зоне будут составлять

$$P_L = \sum_{i=1}^n P_{Li} \times c_{gi} \quad , \quad (11.12)$$

где P_{Li} - потери руды в элементарном блоке

(в зависимости от ситуации это либо $P_{L II}$, либо $P_{L III}$, т.к. $P_{L I} = 0$), т;

c_{gi} - содержание золота в элементарном рудном блоке, расположенном на контакте «руда – порода», г/т;

i - порядковый номер элементарного рудного блока, расположенного на контакте «руда – порода»;

n - количество элементарных блоков в рассматриваемой рудной зоне, расположенных на контакте «руда – порода».

Количество золота в разубоживающей горной массе будет составлять

$$P_d = \sum_{i=1}^n P_{di} \times c_{di} \quad , \quad (11.13)$$

где P_{di} - разубоживающая масса в элементарном блоке (в зависимости от ситуации это либо $P_{d I}$, либо $P_{d II}$, т.к. $P_{d III} = 0$), т ;

c_{di} - содержание золота в разубоживающей горной массе, прилегающей к рассматриваемому рудному блоку, расположенному на контакте руда - порода, причем, если количество граней-контактов рудного блока с породой от 2 до 4-х, то c_{di} берется как средняя величина содержаний по этим контактам, г/т.

При расчете разубоживания содержание золота в разубоживающей массе берется по фактической величине содержания в породе на контакте с рассматриваемым блоком, определенной по результатам оценки блочной модели (при планировании) или эксплуатационной разведки (на стадии эксплуатации).

Запасы золота в рассматриваемой рудной зоне определяются по формуле

$$P_r = \sum_{j=1}^m V_{rj} \times c_{rj} \times \gamma_r \quad (11.14)$$

V_{rj} - объем элементарного рудного блока, м3. При **планировании** он принимается равным блоку модели (10 x 10 x 8 м), а при **выемке** – объему руды, тяготеющему к одной взрывной скважине с учетом расстояния между скважинами во взрывном блоке.

c_{rj} - содержание золота в элементарном рудном блоке, г/т. При **планировании** оно принимается равным среднему содержанию в элементарном блоке модели, а при **выемке** - содержанию в шламе взрывной скважины, определенному в ходе опробования;

j - порядковый номер элементарного рудного блока в рудной зоне;

m - количество элементарных рудных блоков в отбитой рудной зоне.

Содержание золота в товарной руде будет определяться по формуле

$$\frac{m}{n} \quad \frac{n}{n} \quad \frac{n}{n}$$

$$\alpha = \frac{\sum_{j=1}^m V_{rj} \times c_{rj} \times \gamma_r - \sum_{i=1}^n P_{Li} \times c_{ri} + \sum_{i=1}^n P_{di} \times c_{di}}{\sum_{j=1}^m V_{rj} \times \gamma_r - \sum_{i=1}^n P_{li} + \sum_{i=1}^n P_{di}} \quad (11.15)$$

Планируемое содержание золота в рудной зоне определяется как

$$c = \frac{\sum_{j=1}^m V_{rj} \times c_{rj} \times \gamma_r}{\sum_{j=1}^m V_{rj} \times \gamma_r} \quad (11.16)$$

Нормативный коэффициент разубоживания для рудной зоны определяется по формуле:

$$d = 1 - \frac{\alpha}{c} \quad (11.17)$$

Нормативный коэффициент потерь для рудной зоны определяется по формуле

$$p = \frac{P_L}{P_r} \quad (11.18)$$

Рекомендации по снижению потерь и разубоживания на руднике

1. Границу разделения горной массы на руду и породу после взрывания блока необходимо выносить на поверхность навала руды с помощью разноцветных флажков в соответствии с приведенной методикой нормирования потерь и разубоживания. Для блоков богатой руды со стороны, откуда ведется выемка, границу выделять по верхнему контакту «руда – порода», а с противоположной стороны - от контакта «руда - порода» отступить на величину $\Delta = h/tg\beta$ треугольника разубоживания. Для блоков в руде со средним содержанием отступать от верхнего контакта «руда – порода» по ходу ведения отгрузки на величину $\Delta = h_L/tg\beta$ для треугольника потерь и на величину $\Delta = h_d/tg\beta$ - для треугольника разубоживания. Для бедных и забалансовых руд отступать от ближней верхней границы контакта «руда – порода» по ходу ведения отгрузки на величину $\Delta = h/tg\beta$, а с противоположной стороны границу устанавливать по контакту «руда-порода».

2. Горную массу при выемке треугольников потерь в бедных рудах следует считать забалансовой рудой и вывозить на склад сверхбедной руды.

11.3. Примеры расчета потерь и разубоживания на открытых горных работах

11.3.1. Высокогорное месторождение золота

Особенности распределения минерализации на золоторудном месторождении заключаются в отсутствии четких контактов между рудой и породой. Границы запасов промышленных сортов руд,

забалансовых руд и пустых пород определяются по экономически обоснованным бортовым содержаниям. При этом каждый выделенный сорт руды (богатая, средняя, бедная, забалансовая) для целей планирования подачи руды на фабрику граничит друг с другом в разном соотношении. Потери и разубоживание между сортами руды фактически являются условными, так как теряемая богатая руда на контакте с рудой среднего содержания попадает в руду среднего содержания, а разубоживающая масса в этом случае представляет собой руду среднего содержания и т.д. Такая же ситуация сохраняется и на контакте промышленных запасов, оконтуренных по бортовому содержанию 1,6 г/т с забалансовой рудой. Поэтому на формирование фактических потерь и разубоживания будут оказывать влияние только контакты промышленного оруденения в процессе выемки непосредственно с породой, где действительно формируются безвозвратные потери и фактическое разубоживание.

Уровень потерь и разубоживания для такого типа месторождения, как правило, невелик, однако при планировании добычи руды оказывает существенное влияние на количество товарной руды того или иного сорта, содержание в ней золота и выбор параметров селективной выемки руды.

Банковским ТЭО определены четыре основных сорта горной массы, которые планируются добывать раздельно и направлять в отвалы, склады или непосредственно на переработку:

- Руда высокого и среднего содержания (>2,7г/т);
- Бедная руда (1,6-2,7г/т);
- Забалансовая руда (1-1,6г/т);
- Пустая порода (<1,0 г/т).

Методика определения количества товарной руды каждого сорта и показателей извлечения заключается в следующем. По слоевым планам блочной модели определяются границы контактов сортов руды между собой и пустыми породами. При этом выделяется 6 типов контактов:

- Руда богатого и среднего содержания (кварцевое ядро) - с бедной рудой (Б-б);
- Руда богатого и среднего содержания (кварцевое ядро) - с забалансовой рудой (Б-з);
- Руда богатого и среднего содержания (кварцевое ядро) - с породой (Б-П);
- Бедная руда – забалансовая руда (б-з)
- Бедная руда – порода (б-П)
- Забалансовая руда порода (з-П).

На погоризонтных планах карьера с блочной моделью определена протяженность каждого вида контакта (табл. 11.1).

Таблица 11.1

Протяженность контактов между сортами руд и породой

Отметки уступов	Протяженность контактов на уступах, м					
	богатых и бедных руд	богатых и забалансовых	богатых и породы	бедных и забалансовых	бедных и породы	Забалансовых и породы
3700	10	0	0	0	0	0
3690	20	0	0	0	50	0
3680	30	0	0	0	65	33
3670	140	25	25	75	23	23
3660	213	30	30	185	83	58
3650	238	110	35	240	70	88
3640	234	125	0	260	100	75
3630	435	205	53	318	93	120
3620	258	188	0	472	100	155
3610	263	210	38	675	118	212
3600	305	157	50	1170	135	250

3590	288	248	63	925	105	375
3580	340	195	68	1080	93	362
3570	270	217	43	1295	143	375
3560	248	250	0	1308	138	350
3550	197	287	0	1192	80	260
3540	170	287	0	595	63	195
3530	125	245	0	712	0	108
3520	132	200	0	408	0	0
3510	190	187	0	165	0	0
3500	15	75	0	0	0	0
Итого	4121	3241	405	11075	1459	3039

Анализ таблицы 5.1 показывает, что руда высокого и среднего содержания граничит с пустыми породами на небольшом интервале, что указывает на то, что потери богатой руды за счет смешивания с пустыми породами будут минимальными. Наибольшую протяженность имеет контакт между бедными и забалансовыми рудами. Это связано с тем, что бедные руды представляют собой жильное обрамление кварцевого ядра и состоят из множества изолированных участков бедных руд, граничащих с забалансовыми. Кроме того, в бедные руды включены также и руды высокого и среднего содержания, находящиеся за пределами кварцевого ядра в виде изолированных блоков и выделенных при подсчете запасов. Следовательно, теряемые на этом контакте бедные руды будут попадать в забалансовые, а к бедным рудам будут примешиваться большей частью не пустые породы, а забалансовые руды. Фактические потери балансовой руды, как и разубоживание, будут формироваться только на границах с пустыми породами и забалансовыми рудами.

Проектом предусмотрена совместная отбойка всех сортов руды и породы с сохранением структуры массива (Рис. 11.6). Поэтому потери определенного сорта руды и примешивание к ней руды другого сорта или породы определялось по форме треугольника при угле наклона выемочного контура 45 град (угол откоса при экскаваторной выемке взорванного массива) и при вертикальной границе между сортами руды и породы в пределах вынимаемого слоя. Соотношение протяженности интервалов сортов руд на выемочном контуре определялось исходя из равенства содержания золота на границе выемочного контура (Свк), принятому содержанию для разделения руд на сорта при подсчете запасов (Сбс). Значения Сбс приняты по результатам Банковского ТЭО:

- Для контакта Б-б - Сбс= 2,7 г/т;
- Для контакта Б-з, Б-П - Сбс=1,6 г/т;
- Для контактов б-з, б-П - Сбс=1,6 г/т;
- Для контактов з-П - Сбс=1,0 г/т.

В этом случае длина рудного и породного интервалов на границе между сортами руд при выемке определится из равенства:

$$\begin{aligned} T \cdot C_{бс} &= t_p \cdot C_p + t_n \cdot C_n, \\ t_p &= T(C_{бс} - C_n) / (C_p - C_n), \quad (11.19) \\ t_n &= T - t_p, \end{aligned}$$

где:

T – высота вынимаемого слоя на границе между отдельно вынимаемыми сортами руды;
 t_p – длина интервала вынимаемого сорта в забое или рудного интервала на границе руды с породой;

t_n – длина породного интервала в забое на границе с вынимаемым сортом руды или породного интервала на границе руды с породой;

C_p – содержание золота в руде на выемочном контуре (при нормировании среднее содержание золота для вынимаемого сорта);

C_n – содержание золота в примешиваемой горной массе (при нормировании среднее содержание в сорте, граничащем с вынимаемым сортом руды);

$C_{бс}$ – граничное (бортовое) содержание для разделения сортов руды, руды и породы.

На основании приведенной зависимости в MSExcel были разработаны программы, позволяющие рассчитывать количество товарной руды и содержание в ней золота для всех сортов руд, включая забалансовые, в зависимости от высоты отрабатываемого слоя. Указанные программы были положены в основу определения рациональных параметров селективной выемки руды различными комплексами применяемого оборудования.

Основным параметром, определяющим степень селективности выемки пород и определяющим количество товарной руды и содержание в ней золота, является высота вынимаемого слоя руды, размеры ковша выемочного оборудования и емкость кузова автосамосвала. Техничко-экономическими расчетами обосновано, что наибольшей эффективностью обладает вариант с селективной выемкой руды с разделением отбитой руды на уступе на три слоя, что соответствует применению комплекса выемочной техники, состоящей из трех экскаваторов обратная лопата Cat 375 с емкостью ковша 3,5 м³. Высота вынимаемого слоя в целике при этом будет составлять 3,33 м.

На рис. 11.5. приведен график изменения потерь и разубоживания руды в зависимости от толщины вынимаемого слоя.

Полученные результаты показали, что потери металла для руд высокого и среднего содержания при селективной добыче практически равны нулю, и даже имеют небольшое отрицательное значение за счет привноса золота с разубоживающей массой, состоящей в основном из забалансовой руды. Поскольку содержание в данном сорте руды высокое, выемочный контур, рассчитанный по вышеприведенным зависимостям, сдвигается в основном в сторону забалансовых руд. Поскольку протяженность контактов руд высокого и среднего содержания и бедной с забалансовой рудой большая (см. табл. 11.1), то количество примешиваемой за счет них руды со средним содержанием золота перекрывает потери золота, остающиеся на выемочном контуре с забалансовой рудой и породой. Фактические потери руды высокого и среднего содержания и бедной формируются на контакте с породой и забалансовой рудой. В таблице 11.2 приведены фактические потери руд и металла на этих контактах.

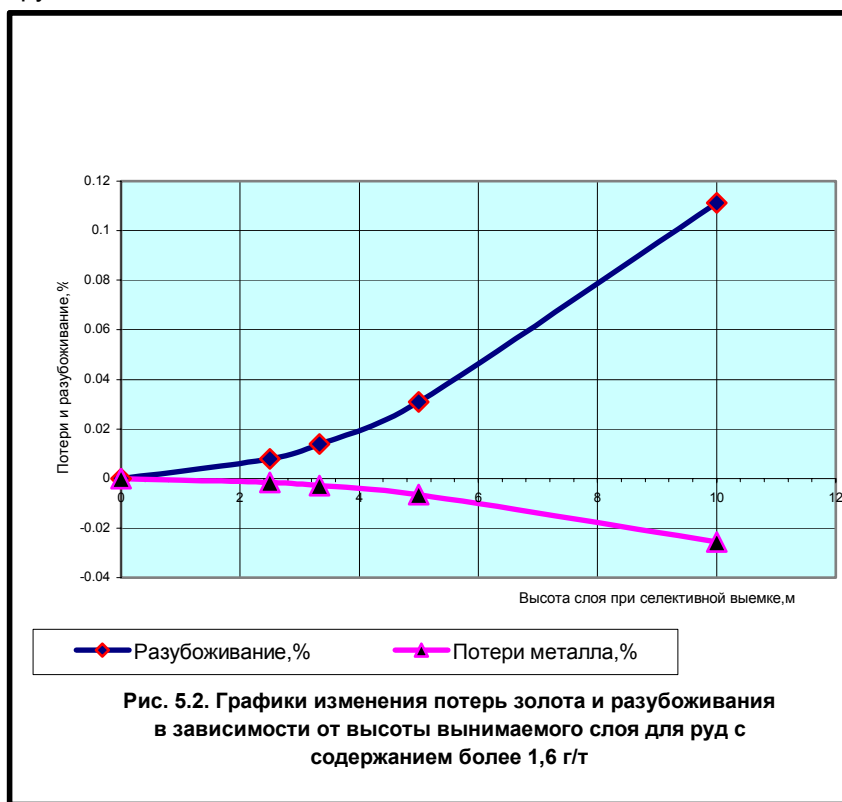


Рис. 11.5. Изменение потерь золота и разубоживания в зависимости от высоты вынимаемого слоя для руд с содержанием более 1.6 г/т.

Потери руд низкого содержания и потери забалансовой руды извлекаются вместе с рудой высокого и среднего содержания, а потери руд высокого и среднего содержания на границе с бедной рудой, извлекаются вместе с бедной рудой и т.д. Фактическими потерями являются только потери руды и золота, формирующиеся на контакте с породой. Вся остальная руда извлекается, направляется на переработку или складировается для дальнейшей переработки.

11.3.2. Железо-марганцевое месторождение

Разубоживание и потери руды достаточно сильно влияют на эффективность горного проекта. При фиксированной мощности обогатительного передела разубоживание снижает объем извлекаемого ежегодно металла и удлиняет срок жизни рудника. В результате возрастают удельные затраты на единицу металла, снижается доход и прибыль компании, а следовательно - и величина NPV проекта.



Рис. 11.7. Отгрузка руды в забое железо-марганцевого рудника

Потери руды, в свою очередь, приводят к уменьшению извлекаемых запасов месторождения, т.е. – к уменьшению суммарной прибыли и NPV проекта.

Следовательно, при расчете нормативов разубоживания и потерь в данных горно-технических условиях следует определить компромисс между количеством теряемой руды и примешиваемой к руде породы.

При оптимизации календарного плана открытой разработки одного из железо-марганцевых месторождений (рис. 11.7) с помощью системы NPV Scheduler был проведен анализ влияния потерь и разубоживания руды на конечную оценку проекта.

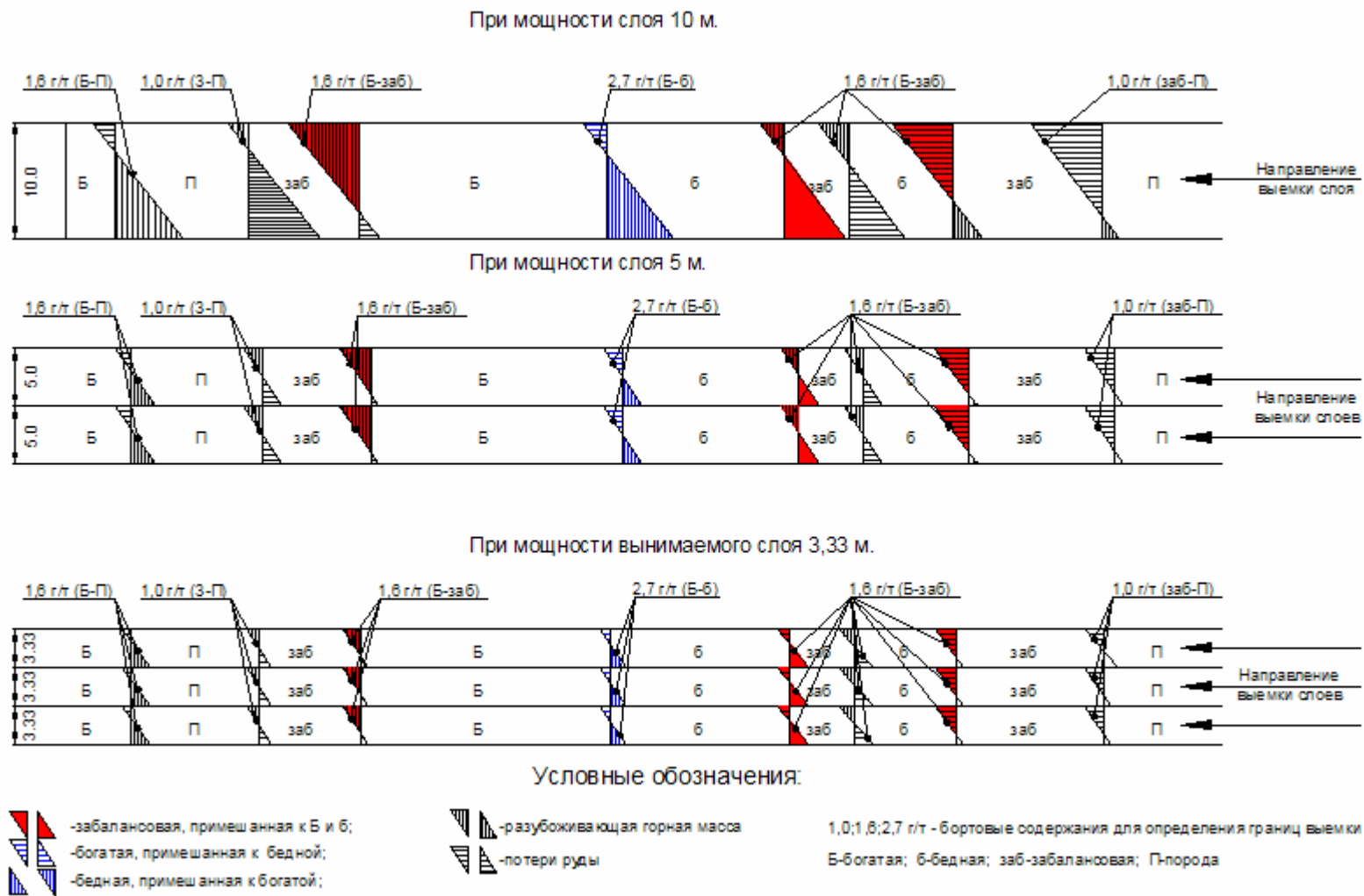


Рис. 11.6. Схема, поясняющая формирование потерь и разубоживания руд при добыче их по сортам
А. Потери руды

Наименование	Запасы руды	на границе с богатой рудой	на границе с бедной рудой	на границе с забалансовой рудой	на границе с породой	Итого, т	Итого, %
Потери руды высокого и среднего содержания, т	3081876	0	583	163	344	1090	0.04%
Потери руды низкого содержания, т	2920443	50828	0	15182	10085	76095	2.61%
Потери забалансовой руды, т	1985623	25337.2	79713	0	26398	131448	6.62%
Итого потерь балансовой руды, т	6002319			15345	10429	25773	0.43%
Итого потерь балансовой руды, %				0.26%	0.17%		0.43%

Б. Потери металла

Наименование	Запасы золота	на границе с богатой рудой	на границе с бедной рудой	на границе с забалансовой рудой	на границе с породой	Итого, кг	Итого, %
Потери металла руд высокого и среднего содержания, кг	20201.33	0.00	3.82	1.07	2.25	7.14	0.04%
Потери металла руды низкого содержания, кг	6971.40	121.33	0.00	36.24	24.07	181.65	2.61%
Потери металла забалансовой руды, кг	2581.38	33	104	0.00	34.32	170.89	6.62%
Итого потерь металла с потерями балансовой руды	27172.73			37.31	26.33	63.64	0.23%
Фактические потери металла с учетом привноса металла из забалансовой руды в процессе добычи, кг	27 172.73	-32.94	-103.63	37.31	26.33	-72.93	-0.27%

Таблица 11.2. Сводный баланс потерь руды и металла

Рудник добывает 4 типа Mn (окисленной и первичной) и 2 типа Fe руды. В процессе планирования была выполнена оптимизация конечных контуров карьера с помощью алгоритма Лерча-Гроссмана, затем жизнь карьера была разделена на несколько этапов с использованием временных нерабочих бортов и, наконец, был рассчитан оптимальный календарный план на весь срок отработки запасов месторождения в контурах предельного карьера. Критерий оптимизации плана – максимум NPV с соблюдением ограничений на максимально допустимый коэффициент вскрыши.

Исходные данные (табл. 11.3) показывают, что затраты на переработку руды в концентрат относительно невысоки из-за простой гравитационной технологии обогащения. В то же время цена готовой продукции достаточно высока.

Таблица 11.3. Исходные параметры оптимизации карьера

№	Показатели	Значения	
1	Типы руд и пород	Перв. и Окисл.	
	Mn маложелезистая	Mn>10,Fe<5	
	Mn среднежелезистая	Mn>10,Fe=5-10	
	Mn высокожелезистая (якобситовая)	Mn>10,Fe>10	
	Mn забалансовая	Mn=1-10, Fe<30	
	Fe руда - балансовая	Mn<10,Fe>30	
	Fe руда - забалансовая	Mn<10,Fe=1-30	
	Вскрышные и вмещающие породы		
2	Плотность руды и породы	по бл. модели	
3	Топографическая поверхность	на 28.05.2002	
4	Блочная модель	Модель Датамайн 2*2*2 м	
5	Разубоживание руды	15%	
6	Потери руды (выемка)	7%	
7	Процентная ставка	10%	
8	Цены на готовую продукцию:		
	Mn концентрат , фр. 10-100 мм из окисл.руды (1+2)*	68.8\$/t	
	Mn концентрат , фр. 6-20 мм из окисл.руды	36.7\$/t	
	Mn концентрат , фр. 0-6 мм из окисл.руды	13.0\$/t	
	Mn концентрат , фр. 6-40 мм из перв. Руды	60.0 \$/t	
	Mn концентрат , фр. 1-6 мм из перв. Руды	39.6\$/t	
	Fe концентрат , фр. -60 мм из Fe руды	15.0\$/t	
	Mn концентрат , фр. +60 мм из Fe руды	76.5\$/t	
	9	Выход концентрата	
	Mn концентрат , фр. 10-100 мм из окисл.руды	55%	
Mn концентрат , фр. 6-20 мм из окисл.руды	5%		
Mn концентрат , фр. 0-6 мм из окисл.руды	40%		
Mn концентрат , фр. 6-40 мм из перв. руды	19.40%		
Mn концентрат , фр. 1-6 мм из перв. Руды	7.50%		
Fe концентрат , фр. -60 мм из Fe руды	82.10%		
Mn концентрат , фр. +60 мм из Fe руды	3.20%		
10	Затраты на добычу руды, \$/т руды		
	Вскрышные и вмещающие породы	0.73	
	Добыча окисл. Mn руды	0.89	
	Добыча перв. Mn руды	1.27	

	Добыча Fe руды	1.15
	Увеличение с/с с глубиной, \$/уступ	0.03
11	Затраты на переработку руды, \$/т руды	
	Обогащение окисл. Mn руды	5.75
	Обогащение перв. Mn руды	4.10
	Обогащение Fe руды	1.37
12	Общие и административные затраты, \$/т руды	4.98
13	Затраты на сбыт продукции, \$/т руды	0.70
14	Производительность карьера по руде, т. т/год:	
	Первичная Mn руда	1200.00
	Окисленная Mn руда	Попутно
	Fe руда	Попутно
15	Параметры карьерных а/дорог:	
	Ширина,	30 (24)
	Уклон,	10%
16	Углы откосов бортов карьера, град.:	
	до отм. 348	22
	до отм. 294	С-22, Ю-30, З-30, В-45
	до отм. 204	С-39, Ю-39, З-39, В-45
17	Предохранительные бермы, м:	
	высота уступа 12 м	5
18	Углы откоса уступов, град:	
	Рыхлые породы	60
	Скальные	75

На рисунке 11.8 показан график изменения NPV проекта при различных значениях потерь и разубоживания. С разной комбинацией этих параметров были рассчитаны оптимальные календарные планы на весь срок отработки месторождения.

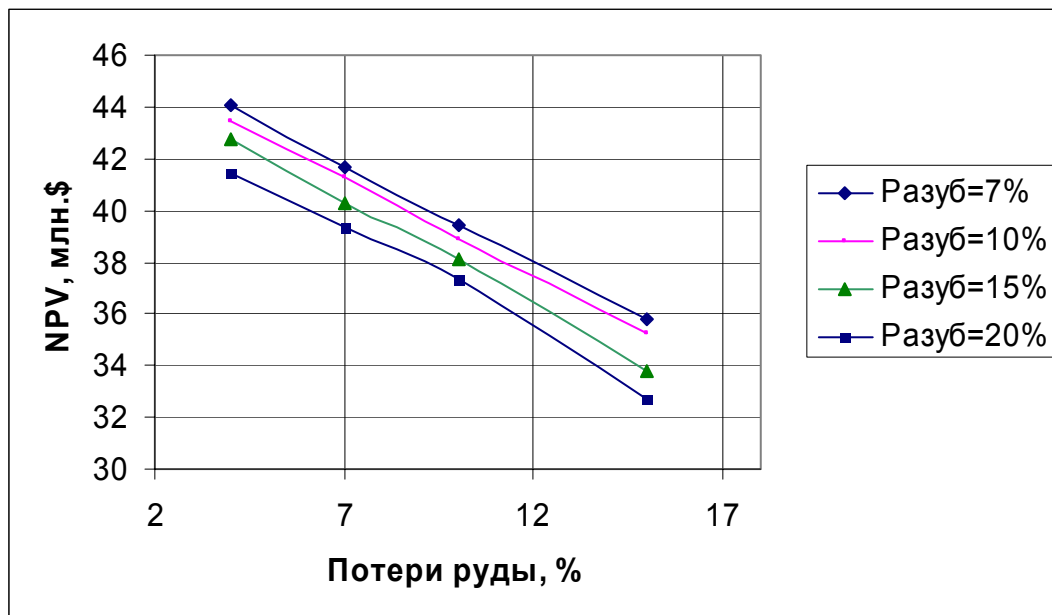


Рис. 11.8. Изменение NPV при разных параметрах потерь и разубоживания руды.

Анализ полученных результатов показал, что при изменении потерь руды с 7 до 15% NPV уменьшается (в зависимости от уровня разубоживания) на 5.9 – 6.7 млн.\$ или на 14 – 17 %. В то же время изменение уровня разубоживания руды с 7 до 15% вызывает снижение NPV всего на 1.4 – 2 млн.\$ или на 3.2 – 5.9 % в зависимости от величины потерь. Таким образом, потери руды в условиях данного рудника более губительно сказываются на эффективности его работы, чем примешивание к руде такого же количества пустой породы.

Таким образом, при планировании работы карьера в приконтактных зонах и суммарном уровне потерь и разубоживания, предположим, 20%, будет разумным устанавливать потери на уровне 5% и разубоживание – 15%.

11.4. Оценка разубоживания для подземных горных работ [2]

11.4.1. Модель разубоживания

Важность разубоживания в экономике горной промышленности широко признана и отражается в факте, что параметры разубоживания рассчитываются и контролируются в большинстве горных процессов. Как теперь отмечается, чрезмерное разубоживание – одна из главных причин закрытия канадских подземных рудников.

Потери и разубоживание руды присутствуют на всех этапах горного производства, и хотя для исследования влияния разубоживания можно использовать несколько моделей, но обоснование рациональной величины разубоживания является серьезной проблемой. Кроме того, сейчас признано, что приемлемое разубоживание – это функция содержания в руде, в примешиваемом материале, производственных затрат и цен на металлы. Следовательно, величина приемлемого разубоживания является уникальной для каждого участка или блока рудника.

Руда описывается с помощью геологической модели месторождения (см. главу 5). Чтобы достоверно оценить разубоживание, нужно предположить, что количество и качество руды и породы измерено с достаточной точностью. Известно, что эта модель никогда не будет полностью совпадать с фактическим месторождением, но она может быть улучшена по мере накопления информации о нем. Есть еще одна большая неопределенность, касающаяся пустых пород с содержанием ниже бортового. Понятно, что оценка и контроль содержаний в этой породе делается не слишком тщательно.

Однако, величина разубоживания чаще предполагается чем физически измеряется. Поскольку точное содержание всех компонентов смеси порода/руда неизвестно, то оценка разубоживания может нести большую ошибку.

Внешнее измеряется как объем отбиваемой и примешиваемой к руде породы по стенкам очистных блоков. Неопределенность остается в терминах затрат, так как содержание металла в примешиваемых породах точно не известно. Это внешнее разубоживание – источник дополнительных затрат, поскольку примешиваемая горная масса – добывается, транспортируется, дробится, перерабатывается и складировается как хвосты. Так как это – некондиционный материал, то он не приносит дохода, достаточного, чтобы компенсировать все связанные с ним затраты. Если к руде примешивается порода, лишенная экономической ценности, то это еще более усложняет ситуацию.

Горные работы характеризуются важными параметрами, которые влияют на экономику, прежде всего, это производительность рудника по добыче и переработке руды. Эти параметры являются главными при определении оптимальных технологических методов. Добыча ненужного материала при разубоживании приводит к излишним затратам, когда производительность теряется из-за замещения руды породой в течение всего цикла добычи и переработки руды. Это замещение приводит к дополнительным затратам, как составляющей потока наличности, в результате распределяемого для более длинного периода времени, и в итоге – к уменьшению величины NPV. Если рудник работает с постоянной производительностью и производит в итоге какое-то количество металла, то срок его жизни будет увеличиваться по мере увеличения разубоживания. В этом случае разубоживающая порода имеет близкое к нулевому содержанию, а

дополнительные затраты на добычу и переработку, связанные с добычей породы – будут непредвиденными затратами. Другой сценарий привел бы к увеличению борта как реакцию на разубоживание, чтобы поддержать требуемое среднее содержание на входе обогатительной фабрики. Количество произведенного металла будет уменьшено, а непредвиденные затраты перенесены на неотработанную часть месторождения.

11.4.2. **Определение Разубоживания**

Величина разубоживания (Р) обычно нормируется для большинства горных процессов в регулярно издающейся справочной литературе (например, Mining Source Book - США), однако часто в действительности она не соответствует этим данным. На практике существует несколько методов определения и регистрации разубоживания (Канада – 1986 г):

1. $P = (\text{Добытая порода}) / (\text{Добытая руда})$
2. $P = (\text{Добытая порода}) / (\text{Добытая руда} + \text{Добытая порода})$
3. $P = (\text{Содержание в неразубоженных запасах в массиве}) / (\text{Содержание на входе ОФ для того же тоннажа})$
4. $P = (\text{Тоннаж отбитый} - \text{Тоннаж взорванный}) / (\text{Тоннаж взорванный})$
5. $P = \text{Разница между фактическим объемом закладки и теоретическим, требуемым для заполнения пустот}$
6. $P = \text{Визуально наблюдаемое и оцениваемое разубоживание}$
7. $P = (\text{"x" мощность примешиваемых пород с лежащего бока} + \text{"y" мощность примешиваемых пород с висячего бока}) / (\text{мощность руды})$
8. $P = (\text{Тоннаж, добытый из блоков}) / (\text{Расчетные запасы руды})$ за последние 10 лет

Р – обычно измеряется в процентах. Термин "порода" в перечне выше относится к внешнему разубоживанию или незапланированной добытой разубоживающей породе, тогда как термин "руда" относится к тому материалу, который по плану будет добыт, то есть будет обурен и взорван (Рис. 11.9).

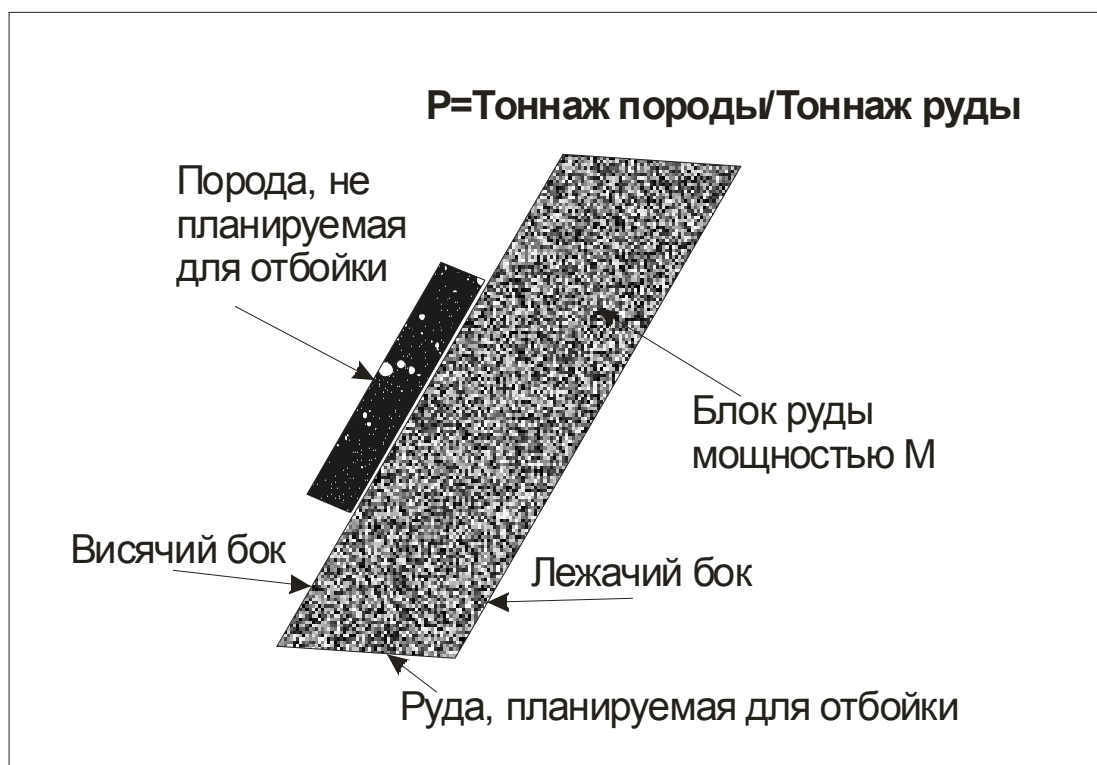


Рис. 11.9. Вертикальное сечение рудного тела

Обзор канадской горной практики (1994) показал, что наиболее широко используются на практике (в т.ч. и в СНГ) определения 1 и 2 (см. выше). Чувствительность вышеупомянутых двух определений к мощности разубоживающей породы на границах рудного тела является функцией от мощности руды. Рудное тело, мощность которого - "n" метров и которое имеет "n" метров примешиваемой породы (мощность породы равняется ширине рудного тела), имеет $P = 100$ по уравнению 1 и 50 % по уравнению 2. Фактически максимальное разубоживание, которое можно получить в уравнении 2 - 100 %. Относительное различие между этими уравнениями меньше при более низких значениях разубоживания. По этой причине, более удобным считается уравнение 1, которое было рекомендовано как стандартная мера разубоживания.

Уровень, используемого для специфического метода добычи руды (системы разработки), является критическим по отношению к экономике проекта, предполагая, что на практике обычная величина $P = 10-30$ %, а стандартное значение окупаемости капложений 10-20 %. Принимаемые значения разубоживания в сильной степени зависят от системы разработки, ширины очистного пространства и/или опыте эксперта, проводящего технико-экономическое обоснование. Выбираются системы, которые имеют максимальное значение ширины очистного пространства для оцененного параметра разубоживания.

Системы разработки с открытым очистным пространством получают все большее распространение в канадских шахтах. Приемлемое разубоживание сильно зависит от содержания металлов в руде. Блок с высоким содержанием может быть экономичен при данном разубоживании, однако блок с низким содержанием при том же разубоживании не может быть извлечен по экономическим соображениям.

Из эмпирических методов определения для систем разработки с открытым очистным пространством в Канаде наибольшее распространение получили два:

- "Метод разубоживания" (Dilution Approach) и
- "Модифицированный графоаналитический метод» (Modified Stability Graph).

Хотя оба метода основаны на геомеханической классификации горных пород, они отличаются по тому, сколько горных операций включены в анализ. Метод Stability Graph основан на данных, собранных в процессе нескольких операций, а Dilution Approach полагается на информацию, полученную от одной операции. Для более подробного ознакомления с тонкостями этих методов мы отсылаем читателя к первоисточнику [2].

До недавнего времени одна из главных проблем была связана с количественной оценкой разубоживания для систем с открытым очистным пространством. Использование лазерных маркшейдерских установок обеспечило точное, безопасное и быстрое определение объемов подземных выработок. Инструмент может быть установлен в очистном блоке или вставлен в буровую скважину всего на 20см. С помощью калиброванного вращения лазерной головки может быть произведен точный расчет объема открытого пространства. В заданном сечении возможно сравнить запланированные контуры очистной выемки с фактическими, после взрывания. Это позволяет горному оператору оценить количество недоотбитой руды и отбитой породы.

Есть примеры использования лазерных установок для подэтажной системы разработки с узкими очистными блоками со средней шириной 5м. Разубоживание является особенно критическим для таких очистных блоков. Чем уже очистной блок, тем выше разубоживание для того же самого количества разубоживающей породы.

Когда горный оператор может достоверно определить фактический уровень разубоживания, то он может ввести необходимые изменения в горный план, т.е. изменить геометрию очистных блоков, последовательность отработки запасов, технологию выемки руды и другие контролируемые параметры.

Хотя снижение разубоживания – одна из главных забот в подземных рудниках, но количественное измерение этого параметра и связанных с ним затрат является очень непростым. На практике с этой целью используются эмпирические методы, приводимые в различных отраслевых методиках и нормативных документах. Эффективность этих

методов повышается, когда в расчетах используются точные исходные данные и замеры. Поэтому применение геомеханической классификации горной массы и лазерных систем контроля объемов добычи значительно повышают достоверность выводов.

Надежная методология для определения разубоживания позволяет горному оператору выполнить оценку затрат/прибыли при планировании альтернативных проектов систем разработки, крепления, последовательности отработки запасов, степени извлечения полезных компонентов, геометрии очистного пространства и т.д., чтобы достигнуть максимальной экономической эффективности проекта.

11.5. Пример оценки разубоживания и потерь для подземного рудника

Условия залегания и подземной отработки запасов на коренном золоторудном месторождении с глубиной изменяются. Поэтому проектом было предусмотрено применение двух вариантов подэтажно-камерной системы с цементной и сыпучей закладкой. На участках с мощностью промышленного оруденения более 10 м отрабатываемые камеры располагаются вкрест простирания рудной зоны. На участках с мощностью менее 10 м камеры располагают по простиранию рудной зоны (Рис.11.10). В соответствии с этим изменяются параметры и технологические схемы отработки, определяющие методику нормирования потерь и разубоживания руды.

Например, для условий отработки первой очереди подземного рудника между горизонтами 3380 и 3500 м основным стал вариант с расположением камер вкрест простирания рудной зоны, а для второй очереди ниже горизонта 3380 - вариант с расположением камер по простиранию промышленного оруденения. Здесь рассматривается расчет показателей извлечения и количества товарной руды только для первой очереди отработки запасов подземного рудника.

Для варианта подэтажно-камерной системы разработки с цементной и сыпучей закладкой потери и разубоживание будут формироваться в процессе следующих технологических процессов:

- при отбойке руды на выемочном контуре с боковыми породами висячего и лежачего бока для первичных камер и вторичных камер;
- при отбойке в бортах вторичных камер на границе с заложенными цементной закладкой первичными камерами;
- при отгрузке руды из первичных и вторичных камер на их почве.



Рис. 11.10. План подготовки и отработки запасов руды одного из горизонтов

Граница промышленного оруденения определяется по бортовому содержанию в камерах достаточно условно по небольшому количеству пересечений (2-3) в пределах одной камеры. За границей промышленного оруденения боковые породы не являются пустыми и несут в себе содержание золота в приконтурной зоне близкое к бортовому. За контуром промышленного оруденения могут располагаться также локальные участки промышленного оруденения, не выявленные эксплоразведкой, с содержанием золота выше бортового. Контур промышленного оруденения имеет, как правило, сложную форму, в то время как веера скважин, пробуренные из бурового орта, имеют достаточно прямолинейную плоскость, спрямляющую сложный контур промышленного оруденения за счет прирезки боковых пород и оставления за контуром взрыва участков руды. Поэтому приконтурная зона всегда представляет собой переход от промышленного оруденения к боковым породам с «плавным» изменением содержаний от промышленных к непромышленным. В этой зоне должен быть расположен выемочный контур запасов (отрезная щель или последний веер скважин), обеспечивающий прирезку рудной массы из зоны с содержанием, обеспечивающим безубыточное извлечение золота из добытой руды. Поэтому в качестве частного критерия для установления соотношения потерь и разубоживания в приконтурной зоне может использоваться экономически обоснованное значение бортового содержания, которое полностью соответствует критерию безубыточности. Такое бортовое содержание для первой очереди подземного рудника равно 3,5 г/т.

Зависимости, позволяющие определить границы блоков в приконтурной зоне в этом случае, определяются следующим образом

$$C_b = xC_p + (t-x) C_n \quad (11.20)$$

$$x = (tC_n - C_b) / (C_p - C_n) \quad (11.21),$$

где:

C_b – экономически обоснованное бортовое содержание;

C_n – содержание золота в породе приконтурной зоны;

C_p – содержание золота в руде приконтурной зоны;

x – мощность теряемой руды в приконтурной зоне;

t – ширина приконтурной зоны.

Найденные значения x и $t-x$ определяют мощности теряемой руды и прихватываемой породы на контуре, которые обеспечивают соблюдение бортового содержания при заданных содержаниях C_p и C_n на выемочном контуре камеры со стороны висячего или лежащего бока. Данный критерий был использован для обоснования потерь и разубоживания при отбойке камер на границе с висячим и лежащим боком.

После отработки первичных камер они закладываются цементной закладкой, представляющей собой смесь пустых пород и цемента. Стенки первичных камер также имеют неровную форму. Поэтому и граница между рудой вторично обрабатываемых камер и закладкой будет иметь неровную форму. При обурировании запасов вторичных камер предусмотрено, что скважины будут буриться без перебура, чтобы снизить влияние взрыва на устойчивость стенки заложеной камеры. Тем не менее, из-за неровности стенок блоков, отклонения трасс скважин, влияния взрыва и неравномерной прочности цементной закладки будет происходить ее частичное отслаивание при отработке вторичных камер. Для оценки разубоживания руды обрушенной закладкой была принята мощность обрушения закладки 0,5 м по всей площади контакта вторично обрабатываемых камер с заложёнными первичными камерами.

Отбитая руда будет располагаться на почве камеры и убираться погрузочно-доставочными машинами (ГДМ) с дистанционным управлением. Почва камеры будет формироваться при закладке выработанного пространства нижележащей камеры и

представляет собой плоское горизонтальное днище. Длина камер будет изменяться от 10 до 50 м. Технические возможности используемых ПДМ с дистанционным управлением не позволяют им убирать с почвы блока всю руду. Поэтому при нормировании потерь руды на почве камеры принята толщина слоя теряемой отбитой (разубоженной) руды 0,2 м по всей площади почвы камеры.

Для расчета нормативных потерь и разубоживания приняты следующие основные технологические параметры (табл. 11.4):

Таблица 11.4. Основные исходные параметры для расчета

Наименование параметра	Ед. изм.	Значение
Высота камеры (подэтажа)	м	20
Ширина камеры	м	10
Длина камеры	м	Мощность руды
Объемная масса руды	т/м ³	2,64
Объемная масса породы	т/м ³	2,64
Объемная масса закладки	т/м ³	2
Коэффициент разрыхления		1,64
Ширина приконтурной зоны	м	2,9
Бортовое содержание	г/т	3,5
Содержание золота в породе	г/т	3,2

В табл. 11.5 приведен сводный расчет показателей извлечения и товарной руды по первой очереди подземного рудника. Полученные результаты показали, что нормативные потери и разубоживание по отдельным камерам и подэтажам в зависимости от условий изменяются в широком диапазоне, составляя в целом по руднику: потери металла – 3,2%, разубоживание 9,5%.

Полученные результаты использованы для разработки календарного плана добычи руды на стадии детального проектирования.

Наименование показателей	Ед. изм	Исх. данные	Подэтажи					Итого
			3400-3420	3420-3440	3440-3460	3460-3480	3480-3500	
Запасы камеры								
Запасы руды	т		260 960	260 710	261 324	276 356	275 479	1 334 829
Содержание золота	г/т		11.32	10.13	8.02	8.86	9.13	9.48
Металл	кг		2 955.07	2 642.17	2 096.94	2 448.02	2 513.76	12 655.96
Примешивание породы при отбойке на контуре								
Количество примешиваемой породы на контуре	т		37 201	34 233	27 398	26 140	25 792	150 764
Содержание в породе	г/т	3.20						
Примешивание закладки во вторичных камерах								
Отслоение закладки при отбойке	м	0.5						
Количество примешиваемой закладки	т		9 905	9 113	9 769	10 948	10 974	50 709
Потери на контуре при отбойке								
Количество теряемой руды	т		17 370	17 307	21 110	22 368	22 716	100 870
Содержание золота	г/т		9.42	9.10	7.75	7.47	7.19	8.08
Теряемый металл на контуре	кг		163.69	157.48	163.64	167.10	163.39	815.30
Количество отбитой руды в камере								
Отбитая горная масса	т		290 696	286 750	277 382	291 075	289 529	1 435 432
Содержание золота	г/т		10.01	9.05	7.27	8.12	8.40	8.58
Золото	кг		2 910.43	2 594.24	2 017.14	2 364.57	2 432.22	12 318.60
Потери руды на почве камеры								
Толщина теряемого слоя	м	0.2						
Количество теряемой руды	т		1 591.22	1 589.70	1 593.44	1 685.10	1 679.75	8 139.20
Содержание в теряемой руде	г/т		9.88	8.96	7.25	7.95	8.18	8.44
Металл в теряемой руде	кг		15.72	14.24	11.55	13.40	13.74	68.66
Товарная руда из камеры								0.00
Товарной руды	т		289 105	285 160	275 788	289 390	287 849	1 427 293
Содержание	г/т		10.01	9.05	7.27	8.12	8.40	8.58
Металл	кг		2 894.71	2 580.00	2 005.59	2 351.16	2 418.48	12 249.94

Потери и разубоживание								
Потери металла	%		2.0%	2.4%	4.4%	4.0%	3.8%	3.21%
Разубоживание	%		11.6%	10.7%	9.4%	8.3%	7.9%	9.48%
Потери руды и примешивание породы								
Потери руды	%		6.7%	6.6%	8.1%	8.1%	8.2%	7.6%
Примешивание породы	%		14.3%	13.1%	10.5%	9.5%	9.4%	11.3%

Табл. 11.5. Расчет показателей извлечения и объемов товарной руды по первой очереди подземного рудника

Литература

1. Методические указания по нормированию потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче. Иркутск, Ирриредмет, 1994, 265 с.
2. Dr. R.Pakalnis & Dr. R. Poulin. Quantifying Dilution for Underground Mine Operations., University of British Columbia, Vancouver, B.C. 1995

12. Заключение

В этой книге автор сделал попытку обобщить тот обширный материал, относящийся к информационным технологиям горного планирования, который был накоплен им в виде личного опыта, переводов различных западных публикаций последних лет, обзора отечественной литературы и т.д.

Однако, рассматриваемая область настолько широка и многогранна, что вместить все тонкости и нюансы в одну книгу оказалось просто невозможно. Поэтому автор рассматривает свой труд как сборник полезной информации, передовых современных идей и тенденций, зная которые горный инженер сможет создать собственный горный план для своего уникального предприятия, который поможет компании работать лучше.

Ситуация в горной промышленности СНГ меняется достаточно динамично, хотя эта отрасль традиционно отстает от других, например электроники и машиностроения. Информационные технологии приходят на горные предприятия СНГ с западными инвесторами, а также с помощью прогрессивных руководителей и владельцев отечественных компаний, осознающих важность использования таких технологий и имеющих возможности (средства, кадры и т.д.) для их внедрения.

Рыночная экономика очень быстро все расставит по своим законным местам, поэтому правы те лидеры, которые не ждут указаний и разрешений сверху, а делают все от них зависящее, чтобы мировой технический прогресс стал реальностью на их предприятиях.

Приложения

1. Перечень основных нормативных документов, регламентирующих порядок разработки и согласования планов развития горных работ и нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче и переработке

Перечень

основных нормативных документов, регламентирующих порядок разработки и согласования планов развития горных работ и нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче и переработке

№•№	Название документа	Дата утверждения. Примечания
1	ЕПБ при разработке рудных, нерудных и россыпных м-й п/н подземным способом	ГГГН России от 23.01.95 г. №4 §2
2	ЕПБ при разработке м-й п/и открытым способом	ГГГН России от 21.07.92г. §1
3	Положение о Федеральном горном и промышленном надзоре России	Указ Президента РФ от 18.02.93 г. №234 п. 6 абз. 20 и 21
4	Инструкция по согласованию годовых планов развития горных работ	ГТН РФ от 24. 10.1999 г. N 85
5	Типовые методические указания по согласованию планов развития горных работ и нормативов потерь и разубоживания полезных ископаемых при их добыче	ГТН СССР от 25.10.77г.

6	Федеральный закон Российской Федерации «О недрах»	ГД 08.02.95 г. утв. Президентом РФ 03.03.95 г. №27-ФЗ Ст. 22 п. 2 стр. 18
7	Единые правила охраны недр при разработке месторождений твердых полезных ископаемых	ГТТН СССР 14.05.85 г. № 2, п.п. 1.3, 1.9, 4.3, 4.4,4.7,4.8,6.1
8	Правила рациональной комплексной переработки минерального сырья (твердые полезные ископаемые)	ГТТН России 15.09.98 г. №59, п.п. 39, 40, 41, 42,43
9	Методические указания по осуществлению государственного надзора за переработкой минерального сырья	ГТТН России 29.12.97г. п.п.14,15, 16
10	Типовые методические указания по определению и учету потерь твердых полезных ископаемых при добыче	ГТТН СССР 28.03.72 г.
11	Типовые методические указания по нормированию потерь твердых полезных ископаемых при добыче	ГТТН СССР 28.03.72 г., п.п. 1.3; 1.4, 1.7, 1.8, 1.9; 1.10; 1.11
12	Типовые методические указания по определению, учету, экономической оценке и нормированию потерь твердых полезных ископаемых и содержащихся в них компонентов при переработке минерального сырья (ТМУ)	ГТТН СССР 23.06.87 г. Внесены изменения в 1987 г.
13	Методические указания по нормированию, определению и учёту потерь и разубоживания золотосодержащей руды (песков) при добыче.	Роскомдрагмет 21.12.93 согласовано ГТТН РФ 02.03.93
14	Инструкция о порядке и сроках внесения в бюджет платы за право пользования недрами (РД 03-36-93)	ГТТН России 04.02.93г. Минфин России 04.02.93 г.; Госналогслужба России 30.01.93 г.
15	Инструкция о порядке исчисления, уплаты в бюджет и целевом использовании отчислений на воспроизводство минерально-сырьевой базы	Госналогслужба России 31.12.96 г. № 44. Рекомендована для использования в контрольной работе письмом ГТТН России от 06.01.99 г. № 04-35/4
16	Методические указания по контролю за технической обоснованностью расчетов платежей при пользовании	ГТТН России 10.12.98г. №76
17	Инструкция по наблюдениям за деформациями бортов, откосов, уступов и отвалов на карьерах и разработке мероприятий по обеспечению их устойчивости	ГТТН СССР 21.07.70г.
18	Инструкция по производству маркшейдерских работ.	ГТТН СССР 19.02.85г.
19	Методические указания по организации и осуществлению контроля за горнотехнической рекультивацией земель, нарушенных горными разработками (РД 07-35-93)	ГТТН России от 10.09.93 г. № 7
20	Положение о порядке и контроле безопасного ведения горных работ в опасных зонах	ГТТН России 26.02.93 г.
21	Методические указания за сопоставлением данных разведки и разработки месторождений твердых полезных ископаемых	ГТТН России 18.12.97г.
22	Условные обозначения для горной графической документации	ГТТН СССР 28,07.70 г.
23	Горная графическая документация ГОСТ 2.850-75-ГОСТ 2.857-75	Государственный комитет по стандарт. издательство Москва, 1983 г.

ЭПИГРАФ

Каждому новорожденному ребенку в течении жизни необходимо в среднем 1600 тонн минералов, металлов и топлива, в т.ч. :



- 39.8 кг золота
- 630 кг меди
- 350 кг цинка
- 385 кг свинца
- 14.9 т железной руды
- 9.2 т глины
- 13.3 т соли
- 703 т камня, песка и гравия
- 29.7 т цемента
- 2.2 т бокситов
- 9.9 т фосфатов
- 260 т угля
- 164 тыс м³ природного газа
- 309 тыс литров нефти
- 21.8 т других минералов и металлов

Данные (2004 г) Института информации по минеральному сырью, США