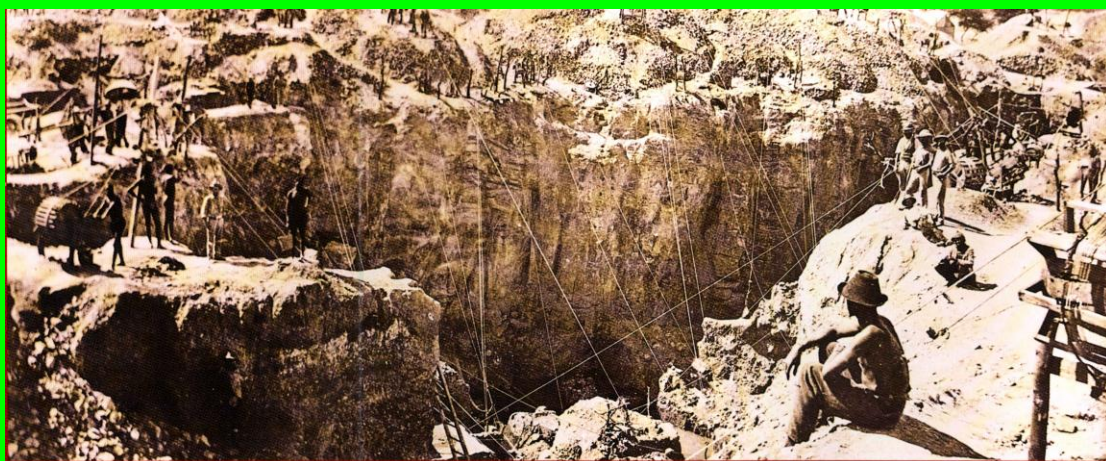




Ю.Е.Капустин
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
И
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА
ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ
(ДЛЯ ГОРНЫХ ИНЖЕНЕРОВ)



Введение

Продолжая тему горных информационных технологий, автор решил на этот раз несколько подробнее остановиться на проблемах эффективности инвестиций в горную промышленность. Правда, являясь только горным инженером, он не «залезал» слишком глубоко в экономическую теорию, зная, как болезненно реагируют на это профессионалы.

В своей жизни мне пришлось несколько лет поработать в академическом экономическом институте в качестве старшего научного сотрудника и даже – ученого секретаря. В это время экономический «застой» в СССР был в самом разгаре, поэтому получить достоверную информацию о происходящих в стране экономических процессах, даже работая с профессионалами – экономистами, было очень непросто.

Сейчас, когда Российская экономика минеральных ресурсов и горной промышленности очень медленно выбирается на международный уровень, настало время поговорить о давно апробированных на Западе методах и рычагах повышения эффективности работы горных предприятий. Поэтому в этой книге сделан обзор главным образом иностранных публикаций, посвященных этим проблемам.

Поскольку автор не является чистым экономистом, он изложил свое «горняцкое» понимание рассматриваемых вопросов так, чтобы это стало понятным его коллегам по профессии – таким же горным инженерам. Как правило, именно эта категория специалистов принимает решения об инвестициях в горные проекты.

Оценка проекта – это процесс идентификации его экономической осуществимости, который требует капиталовложений и принятия инвестиционного решения. Понятия, рассматриваемые в этой книге, относятся к минеральным проектам, которые часто вызывают трудности своей уникальностью. Сложные горные проекты, как правило, приводят к многим сомнениям, связанным с самой природой оценки геологических запасов, серьезными проблемами в прогнозе цен на металлы и издержек производства, продолжительными периодами оценки, в течение которых могут измениться экономические и технологические условия, неопределенностью государственных регулирующих и экологических затрат и, во многих случаях, – с долгой продолжительностью жизни проектов. Большая осторожность и применение многовариантных методов оценки должны приводить к обоснованным инвестиционным решениям в горной промышленности.

Цель этой книги состоит в том, чтобы помочь специалистам, а также руководителям, принимающим решения, правильно использовать результаты оценки, а не полагаться только на выводы практиков. Эта книга сконцентрирована, прежде всего, на основных концепциях оценки минеральных проектов, а не на деталях их вычислений.

Часть материала, имеющего прямое отношение к рассматриваемой проблеме, было взято (с некоторыми модернизациями и дополнениями) из предыдущих книг автора: «Горные компьютерные технологии и геостатистика» (2002) и «Информационные технологии планирования горных работ (для горных инженеров)» (2004), вышедших в свет в СПб издательстве «Недра».

Книга, которую Вы держите в руках, является завершающей, я надеюсь, в этой серии.

В первой главе рассматриваются общие вопросы, специфика и последовательность стадий жизни горных проектов. Приводятся основные технико-экономические понятия и показатели, характерные для отраслей, связанных с минеральными ресурсами.

Вторая глава посвящена вопросам классификации ресурсов и запасов минерального сырья, общим проблемам моделирования и оценки месторождений, а также аудита правильности оценки ресурсов и запасов.

В третьей главе рассматриваются методы оптимизации извлекаемых запасов месторождений, используя современные горные информационные технологии.

Детальному рассмотрению специфики управления бортовыми содержаниями полезных компонентов в процессе разработки месторождений посвящена четвертая глава.

В пятой главе рассматриваются наиболее важные вопросы экономической оценки горных проектов и принятия инвестиционных решений.

Шестая глава посвящена рассмотрению некоторых проблем оценки и управления риском в процессе обоснования вариантов вложения инвестиций в горные проекты.

И, наконец, седьмая глава рассматривает некоторые особенности создания финансовых моделей горных предприятий.

1. Специфика горного производства и стратегия развития горных проектов

1.1. Минеральные ресурсы и особенности горного производства

Горное дело – это одна из наиболее древних областей деятельности людей. Его продукция – важнейшая для современной цивилизации.

Экономика ресурсных отраслей уникальна. Все горное производство связано с неопределенностью, не применимой к другим отраслям промышленности. Каждый рудник также уникален. Информация здесь является очень дорогостоящей. В развитом мире разумность вложения капитала в горную промышленность все больше подвергается сомнению (Рис. 1.1). 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 увеличивается. Капиталы продолжают инвестироваться, хотя цены металлов и доходность снижаются¹. Многие из факторов, которые ведут к прибыли или потерям здесь не распознаются, если используются обычные инструменты анализа.

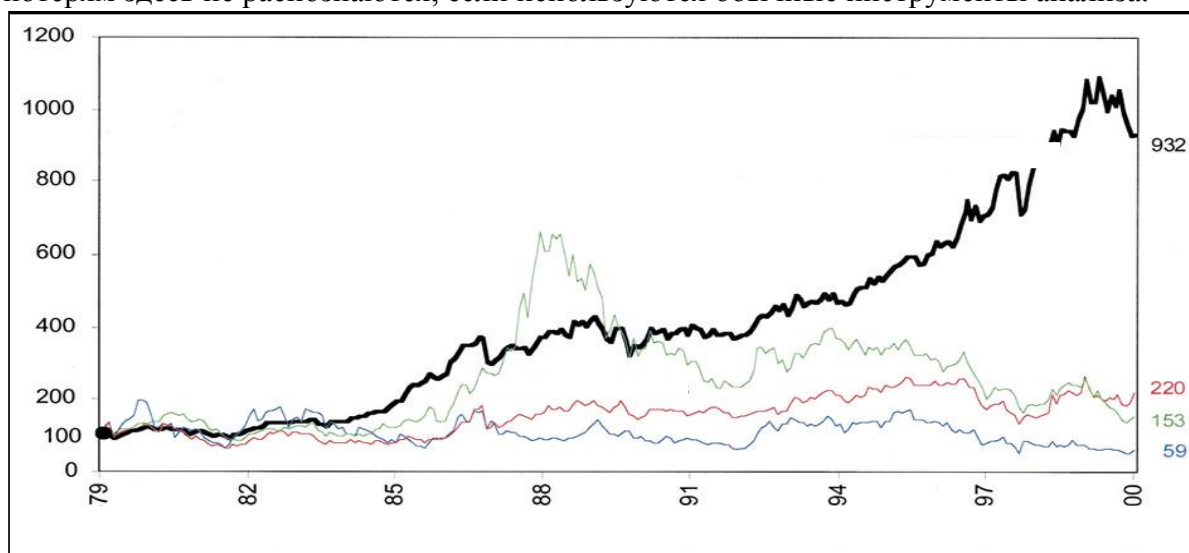


Рисунок 1.1. Мировые и горные индексы цен за 1979-2000 г (толстая линия – индекс мировой промышленности, далее – сверху вниз: добыча руд черных металлов, цветных металлов, золота) [1]

Горное производство имеет серьезную специфику, связанную с управлением минеральными ресурсами:

¹ Правда, в последние годы ситуация несколько изменилась, цены на металлы повышаются, а на некоторые (например – золото) существенно.

- Минеральные ресурсы являются единственным богатством горной компании
- Чтобы прибыльно вести дела в жестких экономических условиях, горные компании могут использовать только 2 основных рычага:
 - Соблюдение оптимальной последовательности извлечения горной массы и
 - Гибкое управление границами между рудой и породой – бортовыми содержаниями компонентов в действующей системе рудопотоков компании

Подобно бухгалтерскому балансу, который ясно показывает состояние финансового здоровья фирмы, баланс минеральных ресурсов позволяет горной компании понимать и определять степень здоровья минеральных ресурсов. Управление минеральными ресурсами может иметь существенные особенности по сравнению с управлением финансовыми средствами горной компании. Подготовка минерального баланса - сложный процесс, который требует ввода достоверной информации, полученной на всех стадиях исследования, добычи, переработки и поставки минерального сырья и продуктов его переработки. Он должен содержать записи о полной истории изменений минерального ресурса в течение долгого времени, в течение которого ресурс разведан, переработан и затем исчерпан. К сожалению, получение своевременной и достоверной информации для регулярного составления баланса от всех цехов горного предприятия – задача очень сложная из-за отсутствия оперативных и точных методов анализа качества и объема (тоннажа) рудопотоков, низкой технологической дисциплины, разобщенности интересов цехов горного предприятия и т.д.

Низкая доходность может быть обычной для многих горных компаний промышленности, но это не обязательно [2]. 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. Однако 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 составления горного 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 горную 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 измениться. 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 экономических решений. Если операторы горных машин 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 несколько отличается. 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 условия, которые позволяют этому руднику производить дополнительную тонну, то эти условия 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 исходной информации, которая является весьма сомнительной и целях, которые обычно плохо формализованы. Эта неопределенность может иметь большее влияние на принятие решения, чем любой аналитически полученный результат. Например, дополнительные затраты на снижение неопределенности решения (например, стоимость дополнительного геологического бурения) могут сделать проект неэкономичным.

Даже относительно маленькие рудники – это сложные системы, и даже немногие решения, принятые на основе всестороннего экономического анализа, гарантируют успешное развитие бизнеса в будущем. Однако, большинство решений не требует такого анализа. Инструменты для выбора экономичных вариантов в любом сложном бизнесе включают полный спектр инструментов, от простого правила большого пальца до изощренных финансовых моделей.

1.2. Развитие горных информационных технологий [3]

В течение последних 30 лет горные компании успешно внедряют новые технологии практически в каждом направлении своей деятельности. Начиная от разведки и кончая переработкой руды, эти технологии позволяют специалистам получать много преимуществ. Примером может служить ускоряющийся процесс разработки и производства нового мощного горного оборудования.

Однако, низкие цены на металлы, неопределенность рыночной ситуации, рост затрат не позволяют горным компаниям сохранить требуемый уровень прибыли. Компании стараются снижать затраты и объединяться, но даже эти усилия оказываются недостаточными. Требуемые темпы улучшения работы, которые диктуются рынком и ростом производственных затрат, не компенсируются повышением мощности горного оборудования и другими усовершенствованиями.

За счет чего можно добиться серьезного улучшения работы? Ответ находится в области способности компаний принимать оптимальные решения о работе своего производства. Неэффективные решения делаются не потому, что персонал недостаточно квалифицирован, но все чаще потому, что он не имеет своевременной нужной информации для этих решений.

Эта проблема решается в области информационных технологий (ИТ), но они пока еще недостаточно развиты в горной промышленности и слабо инвестируются. В США и Канаде только 1.1 % бюджета горных компаний тратится на развитие ИТ. Другая проблема заключается в пути, по которому развивались горные компьютерные системы и программы последние 30 лет.

1.2.1. Краткая история развития горных информационных технологий (ГИТ)

Уровень горных программ за последние 30 лет серьезно повысился. Это привело к изменению самого характера деятельности горных компаний, а также к закономерному росту их производительности (Рис.1.2). Первая волна новых технологий была связана с созданием простых моделей месторождений для оценки тоннажа и содержаний. Автоматизация ручных операций позволила компаниям быстрее оценивать требуемые инвестиции. Эти технологии появились в начале 1960-х годов и привели к последующему скачку производительности. После спада этой волны появилась вторая.

В начале 1970-х годов горная промышленность получила 3-х мерное цифровое блочное моделирование и геостатистический анализ ресурсов. Геологи научились использовать эти преимущества для прогнозирования запасов месторождений. Результатом стало улучшение качества и достоверности оценки ресурсов. Эта волна была довольно продолжительной, но ее действие закончилось в конце 1980-х.

Третья волна характеризовалась появлением 3-х мерного геометрического моделирования и визуализации. Эти инструменты дали геологам возможность рассматривать геологические структуры как 3-х мерные пространственные объекты и обеспечивать лучший контроль за созданием цифровых блочных моделей. Как и во второй волне, эта технология добавила новое измерение в методологию конструирования и анализа моделей. Несмотря на то, что эта волна начала спадать, долговременный эффект от появления визуализации не может быть переоценен.

В конце 80-х появились полностью компьютеризованные процессы: горное проектирование, оптимизация, календарное планирование. Эти преимущества снова увеличили производительность, но, как и в предыдущей волне, эта волна прошла свой пик и начала спадать в середине 90-х. Сегодня скачки производительности существенно замедлились, т.к. горные предприятия применяют ИТ для улучшения отдельных процессов, а не в целом производства. Они тратят много усилий для автоматизации старых методов вместо того, чтобы изменить их. Следующая волна технологии, которая сейчас формируется, должна обеспечить динамическое улучшение производительности.

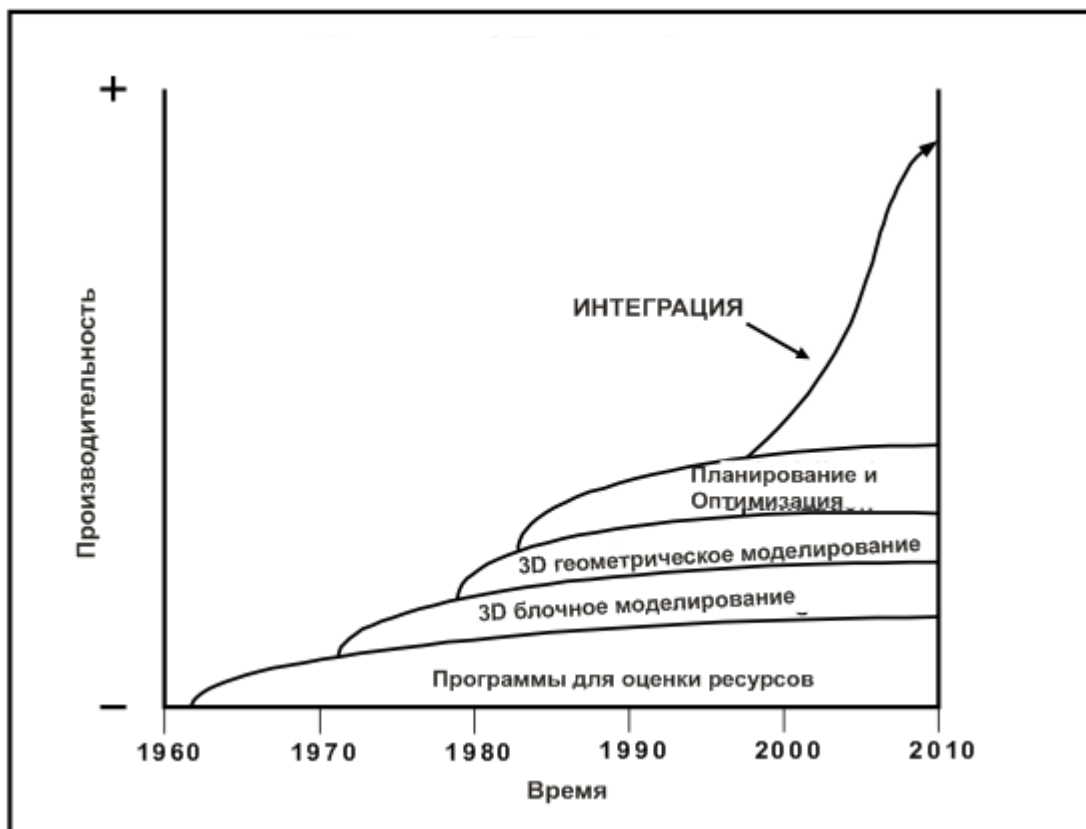


Рисунок 1.2. Волны развития технологии

1.2.2. Характеристика интеграционных процессов

Интеграция объединяет информацию, поступающую от всех служб и процессов, и помогает принимать эффективные управленческие решения. Объединение полученной от разных источников информации создает коллективное знание, которое позволяет значительно улучшить параметры производства. Интеграция отличается от предыдущих волн технологии, т.к. она модернизирует процесс целиком. Она использует различные независимые горные программы (приложения) и связывает их в цифровой форме, чтобы все это соответствовало бизнес-модели и целям производства. Перерабатывающие отрасли других видов промышленности уже успешно внедряют системы планирования ресурсов предприятий (ERP системы), чтобы улучшить их деловые функции. Однако, в горной промышленности идея интеграции все еще является относительно новой.

Существуют 4 важных технологических предпосылки, которые способствуют движению к интегрированным системам: персональные компьютеры, системы "клиент-сервер", доступ к централизованным базам данных и работа горных программ в сетях горных предприятий.

Персональные компьютеры сейчас обладают мощностью и скоростью для решения очень сложных проблем. Они вполне доступны и могут работать с большим числом технических и деловых программ. Архитектура "клиент-сервер" позволяет распределять ресурсы по большому количеству пользователей с помощью сетевых технологий. Сети открывают двери к новым и лучшим процессам, например к централизованным базам данных для управления громадным количеством информации.

Исторически все эти технологии пришли из различных специализированных компаний, каждая из которых использовала свои алгоритмы и форматы. Сегодня они значительно развиты такими крупными компаниями как IBM, Microsoft, Oracle и многими другими. Их открытость и стандартизация сделали возможными интеграцию и ее громадные выгоды.

Сетевые горные технологии спроектированы для того, чтобы удовлетворять технические и ежедневные производственные потребности каждого работника горной компании. Эти технологии разрабатываются такими поставщиками горных программ, как Gemcom, Datamine, Surpac, Maptek, Mincom и многими другими. Эти горные системы включают много программ, начиная от обработки данных по скважинам и кончая оценкой ресурсов, планированием и контролем качества рудопотоков. Кроме того, существует много маленьких компаний, поставляющих программы для специфических задач, таких как оптимизация карьеров, БВР или управление парками горных машин.

Эффективное управление любой операцией требует измерения параметров процесса, которое должно быть доступным, наглядным и связанным со стратегическими целями. Ключевые индикаторы (KPI) являются такими наиболее важными измерителями основных технико-экономических параметров производства с целью увеличения его эффективности, а их идентификация и эффективное использование возможны только через интеграцию.



Рисунок 1.3. Блок-схема использования ключевых индикаторов

Дневная производительность карьера или завода - примеры ключевых индикаторов, которые позволяют управлению компании контролировать выполнение поставленных целей. Сбои производства, недостаточное качество руды или высокое разубоживание - только некоторые из проблем, которые могут снизить прибыль компании. Учитывая, контролируя и идентифицируя тренды производительности, управление в состоянии принять решения, которые повышают эффективность производства быстрее. Кроме того, доступ к централизованной базе данных исторической информации (склад данных) обеспечивает основу, на которой могут быть проведен анализ производства и его эффективности. С помощью интеграции, управление может предотвратить дорогостоящие ошибки или предпринять корректирующие действия, чтобы минимизировать проблемы.

Определение KPI (key performance indicators) начинается с идентификации и понимания целей бизнеса, действий и процессов. Всем процессам определены контрольные точки, которые согласованы с производственной информацией и формируют основание для измерения характеристики (Рис. 1.3.). Информация о ключевых индикаторах должна быть неотъемлемой частью процедуры технологического процесса на каждом руднике, потому что измерение качества работы каждой операции - основание для принятия обоснованных решений.

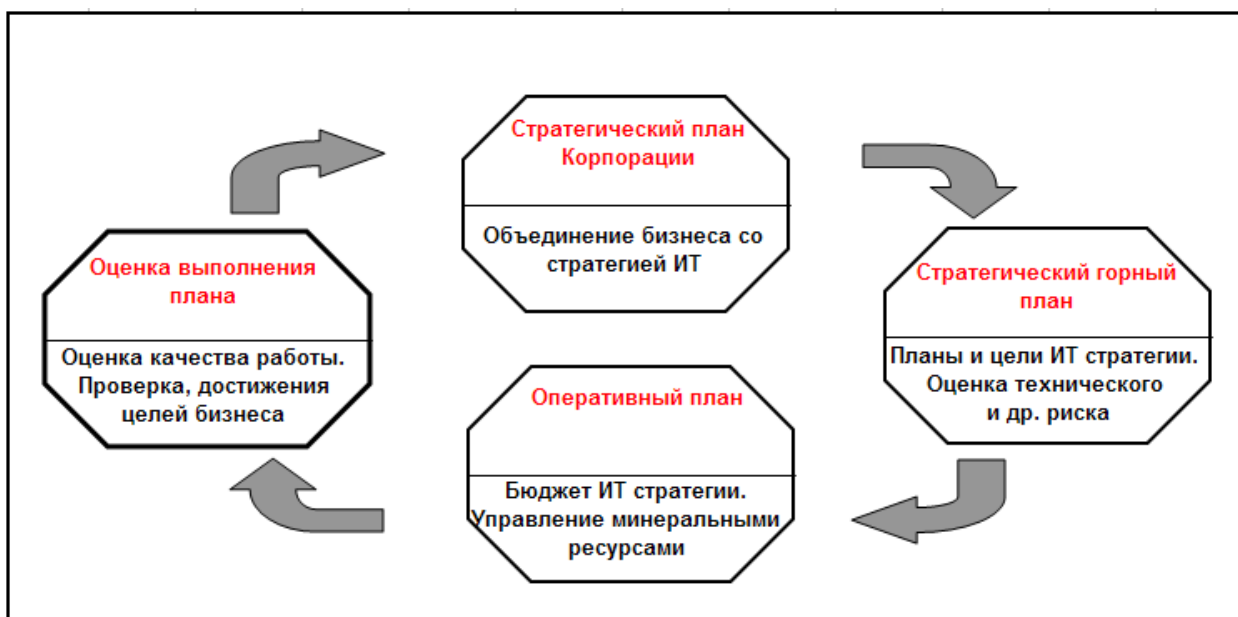


Рисунок 1.4. Объединение Информационной Технологии с Бизнес-планом

Один из самых важных процессов в горном деле - планирование. В условиях конкуренции этот процесс должен быть стратегическим, что означает его более существенное значение, чем просто календарное планирование добычи.

Следует понимать, что наибольшее количество непредсказуемости и неопределенности исходит из цен на продукцию (металлы), геометрии рудных тел, содержания компонентов и т.д. и даже из общественной стабильности. Важность учета всех этих факторов риска в процессах планирования не может недооцениваться. Интеграция ИТ в планирование начинается с объединения бизнес-плана и стратегий ИТ на корпоративном уровне (Рис.1.4).

С помощью интеграции информация стратегического планирования может быть передана в каждую ячейку производства: от оператора до членов совета директоров. Эффективное распределение и доступность критической информации (а не просто данных) до всех держателей акций компании - это ключ к новым производственным возможностям.

Подобно бухгалтерскому балансу, который ясно показывает состояние финансового здоровья и истории компании, баланс минеральных ресурсов позволяет горной компании понимать и определять степень здоровья минеральных ресурсов. Управление минеральными ресурсами может иметь существенные особенности по сравнению с управлением финансовыми средствами горной компании. Подготовка минерального баланса - сложный процесс, который требует ввода информации из разных процессов. Он должен содержать запись полной истории изменений минерального ресурса в течение долгого времени, в течение которого ресурс разведан, переработан и затем исчерпан. Интеграция обеспечивает инфраструктуру, с помощью которой может быть создан минеральный баланс.

Минеральный баланс – это многоцелевой инструмент. Кроме обеспечения точного измерения текущего ресурса, исторические данные баланса могут также использоваться, чтобы предсказать эффект новых методов оценки ресурса или контролировать и моделировать дополнительные стратегии истощения. Также обеспечивается способность управления многократными версиями оценки минерального ресурса и облегчается задача анализа типа "что - если" и сравнения реальных данных с плановыми и оценочными. Кроме того, многие страны имеют правительственные инструкции, контролирующие управление полезными ископаемыми и требуют регулярного предоставления различных отчетов и статистики от горных компаний.

Аналитики промышленности и горные профессионалы только начинают реализовать потребность интеграции горного производства с обогащительным. Эти процессы долго расценивались как отдельные объекты, вовлекающие людей двух различных 'культур'. Современные взгляды изменяют это непроизводительное явление, поскольку мы ищем способы улучшить производство в целом.

Общепринятая истина, что горный передел воздействует на производительность перерабатывающего завода. В течение многих лет, горное управление поощряло большее взаимодействие между геологами, шахтерами и металлургами, чтобы улучшить или поддержать постоянство среднего содержания во входном рудопотоке завода. Интеграция информации между рудником и заводом поддерживает эту философию с целью реализовать существенные усовершенствования продуктивности. Например, в одной из канадских горных компаний управление решило изменить параметры БВР, увеличивая диаметр скважин, чтобы уменьшить объем бурения и снизить горные затраты. После этого пропускная способность завода уменьшилась, а причина долгое время не была определена. Увеличение диаметра взрывной скважины привело к изменению фракционного состава руды, что вызвало 10%-ую потерю производительности измельчения. И только через год после проведения специальных исследований причина была установлена, и производительность завода восстановлена.

Улучшения такого характера существенны, потому что они не требуют традиционно больших капиталовложений в оборудование, чтобы увеличить производительность. Скорее они - результат обоснованных решений, полученных с использованием знания и информации от разных процессов.

1.2.3. Стимулы развития ИТ

Если интеграция является важным стандартным блоком для увеличения производительности производства, то почему горные компании активно не используют эту возможность? Причина в том, что большинство руководителей рассматривает как затраты, а не как инвестиции с измеримым возвращением. Они также, возможно, не понимают, что ИТ помогает реализации их стратегии роста бизнеса. Не так очевидно, что мотивация для использования ИТ существует на эксплуатационном, управленческом и корпоративном уровне компании. Этот стимул обычно упоминается как "двигатели бизнеса (Business Drivers)", представляющие необходимость улучшения.

Двигатели бизнеса на Эксплуатационном Уровне:

- **Многократные форматы данных** - Так как данные проходят через каждый отдел, службу компании, то они добавляются и изменяются. В большинстве случаев эти данные сохраняются в цифровых форматах, пригодных для применения пользователями. Использование этих данных для использования во множестве других применений неизменно требует некоторого преобразования или экспорта их в формат ASCII, а затем переформатирования для импорта в другое применение. Этот процесс экспорта, преобразования и импортирования является трудоёмким и непроизводительным. На практике данные могут требовать повторного ввода или возвращены из-за трудности и времени, требуемого для их перемещения из одного формата в другой. Устранение многочисленных форматов данных позволит использовать освободившееся время на решение более производительных задач, таким как анализ данных и процессов, которые подтверждают и поддерживают решения, улучшающие эффективность производства.
- **Дублирование данных и избыточность** - В большинстве случаев, переменные форматы создают многократные копии тех же самых документов на многих

компьютерах рудника. Кроме ненужного потребления дискового пространства, хранение тех же самых данных на нескольких компьютерах создает путаницу в том, какой компьютер содержит самый новый набор данных. Для некоторых процессов эта проблема может влиять на производительность и точность работы других отделов. Например, технический отдел может потребовать самые последнюю и надежную маркшейдерскую съемку карьера для корректировки горного плана из-за непредвиденного отказа оборудования, или отдел геологии, возможно, должен вычислить с большой точностью остающийся тоннаж руды в рабочем забое.

- Многократные копии данных вынуждают каждого оператора ЭВМ тратить время на **сохранение 'их' последних копий**. Скопированы ли данные из другого источника или изменены, чтобы держать их текущими, эти процессы являются ненужными, трудоёмкими и непроизводительными. Для эффективного управления данными, операции требуют, централизованного хранения всех данных в одном месте.
- **Коммуникация** - Горный процесс основывается на процессах обмена информацией между службами и цехами. Производительная работа требует эффективной коммуникации, чтобы эта информация была получена и передана своевременно и полностью. Однако, многие горные операции испытывают задержки коммуникации, потому что бизнес-процессы не отрегулированы для эффективного обмена информацией. Это потерянное время может быть измерено в единицах производительности, а когда используется многомиллионное оборудование, то проблема становится критической и приводит к росту полных издержек производства. В интегрированном окружении уведомление о произошедших событиях может быть с помощью электроники моментально передано персоналу, который зависят от этой информации, что будет уменьшать любые потенциальные задержки и увеличивать эффективность.

Движители бизнеса на Уровне Управления:

- **Информационная зависимость** - Управление требует точной и современной информации для принятия решений. Эта зависимость от информации, в конечном счете, означает, что управляемые операции должны быть технически способными для предоставления информации для управления, чтобы на ее основе принимались максимально эффективные решения.
- **Секретность** - Управление должно быть уверено, что предоставленная информация надежна, конфиденциальна, полна, и существенна. Умышленное или неумышленное исключение и сокращение информации может сильно препятствовать процессу принятия нужного решения и иметь разрушительные последствия, снижая производительность и эксплуатационную эффективность.
- **Уменьшение Риска** - Горные операции, как правило, требуют больших издержек капитала в оборудование и технологию переработки руды. Оценки горных проектов обычно основаны на прогнозах рынка и производства и неизменно связаны с анализом большого количества информации. Имея такие большие расходы, компании должны уменьшить риск принятия некорректных решений.
- **Контроль** - Контрольная деятельность за работой производства включает процесс, который регистрирует все события существенных изменений в работе системы и причины этих изменений, что позволяет управлению анализировать события и своевременно предпринимать корректирующие действия. Кроме того, такой аудит формирует механизм, оценки эффективности работы всей системы.

Например, возможность оперативно согласовывать или сравнивать реальные результаты процесса с планом очень важна для улучшения его работы.

Ключевые цели руководителей Корпорации состоят в том, чтобы увеличить доходы компании и акционеров, а также поддерживать размеры получаемой прибыли. Чтобы достигать этих целей, компания должна быть конкурентоспособной. Увеличение дохода в период низких цен, минимальный штат и рост конкурентоспособности требуют, чтобы компании стали намного более производительными, чем сегодня. Лица, принимающие решения, нуждаются в доступе к коллективной мудрости организации в реальном времени, так, чтобы они могли понять, как израсходовать ограниченные ресурсы более эффективно. Следующая волна технологии – Интеграция позволяет удовлетворить все эти цели, но требует инженерной модернизации процессов, социальных изменений и создания других условий для роста эффективности производства.

1.2.4. Интегрированное Решение

Большинство операций горной промышленности для технических расчетов и целей управления использует общее и специальное горное программное обеспечение. Как независимые инструменты, эти программы эффективны, но в целом достаточно серьезно не способствуют повышению эксплуатационной эффективности. Нехватка интеграции между этими системами препятствует потокам информации и коммуникации между каждой функцией, затрудняя процессы принятия решений. Горная промышленность - это ориентированные на независимые процессы обособленные системы, которыми пока управляют недостаточно эффективно.



Рисунок 1.5. Концептуальная модель системы предприятия.

Ниже приводится пример использования компьютерной системы Джемком в качестве основы для интегрированных решений на уровне горного предприятия. Конечно, это не единственный возможный вариант. В настоящее время еще несколько компаний, поставщиков горного программного обеспечения, предлагают такой же сервис.

Новая система фирмы Gemcom (Gemcom Enterprise Mining System - GEMS) является набором взаимосвязанных горных программ (уровня - предприятия), разработанных, чтобы управлять процессами: поиска и разведки месторождений, оценки ресурсов и запасов руды, проектирования и планирования горных работ, оптимизации параметров добычи и переработки руды, т.е. - основных элементов любой горной операции.

GEMS развита на основе открытой (клиент-сервер) реляционной базы данных, которая хранит всю информацию о скважинах и опробовании руды, маркшейдерские данные, модель ресурсов, плановую, производственную и управленческую информацию. Каждый блок системы связан с центральной базой данных, предоставляя управлению все необходимые сведения о работе, чтобы принимать оптимальные эксплуатационные решения.

Три главных компонента ИТ горной операции: Планирование Ресурсов Предприятия в целом, Управление Минеральными Ресурсами и Переработка Минералов (Рис. 1.5). Системы переработки руды обеспечивают контроль над ее дроблением, измельчением и переработкой в концентрат или другой конечный продукт. Планирование Ресурсов Предприятия, (ERP) предназначено, чтобы управлять ежедневными функциями и моделью бизнеса компании. Системы управления минеральными ресурсами объединяют все технически связанные горно-геологические действия и процессы в ходе производства. Таким образом, интегрированная система управления минеральными ресурсами GEMS является существенной частью объединения всех процессов горной компании.

1.2.5. Преимущества использования горных ИТ

Выгоды от интеграции получаются, прежде всего, за счет технических преимуществ на каждом уровне горной компании.

Оптимальные решения и уменьшенный риск - С такими большими издержками капитала в оборудование и технологию переработки руды, горное производство не может позволить себе принимать плохие решения. Использование ИТ сокращает возможность принятия плохих решений, обеспечивая доступ к критической информации, которая иначе была бы недоступной. Например, горные менеджеры непрерывно ищут способы уменьшить затраты. Может показаться, что решение увеличить высоту уступа в карьере, сокращает горные затраты. Однако, менеджеры редко имеют время и возможность для исследования истинных последствий и затрат от принятия такого решения, не имея возможности собрать всю требуемую информацию. Увеличение высоты уступа затрагивает использование оборудования, фракционный состав руды и возможное потенциальное изменение содержания рудопотока карьера. Эти факторы, если они не проанализированы должным образом, могут потенциально увеличить горные затраты, уменьшая эффективность производства. Решения такого типа могут быть приняты только после анализа имитаций с использованием исторических данных от множества действий и процессов.

Увеличенная производительность работы - Централизация хранения информации устраняет проблему различных форматов данных. Служащие больше не должны будут тратить время на переформатирование, копирование и изменение данных или на поиск информации к своим задачам. Вместо этого они получают нужную информацию как определено местными стандартами в соответствии с их деловыми требованиями. Центральная база данных также выполняет разделение информации между отделами, чтобы избежать напрасного дублирования усилий между службами и внутри них.

Одна из главных выгод интеграции - то, что штат может потратить больше времени, анализируя работу, чтобы повысить ее эффективность. Эта ситуация предоставляет служащим возможность понять смысл цели организации, потому что они играют непосредственную роль в процессе усовершенствования производства, увеличивает

заинтересованность персонала в результатах их труда и уменьшает текучесть кадров (Рис. 1.6).

Интеграция улучшает поток данных и коммуникацию между отделами, сближая их так, чтобы они сотрудничали в достижении связанных целей. Она также устраняет влияние расстраивающих воздействий, которые имеют место в неравноправных и сегментированных системах. Результат - улучшенная окружающая рабочая среда и высокая производительность.

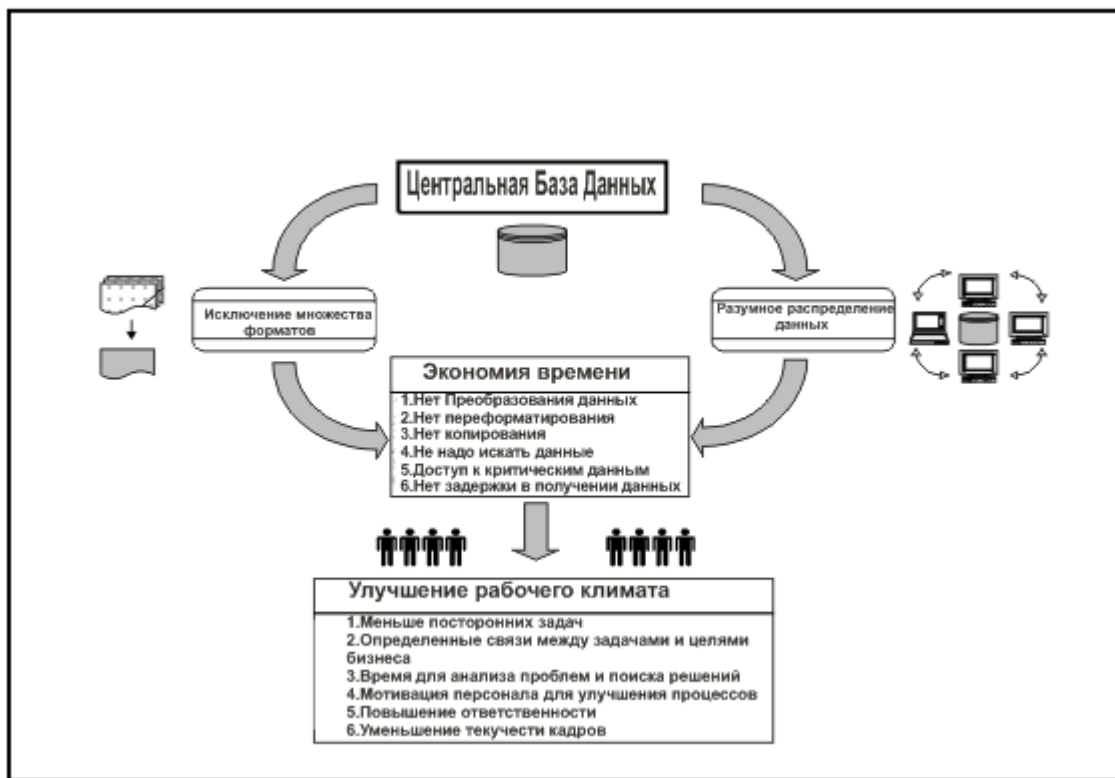


Рисунок 1.6. Выгоды от Интеграции.

Конкурентоспособное преимущество - Интеграция дает компаниям конкурентоспособное преимущество, которое позволяет им максимизировать полезное использование ресурсов и минимизировать затраты на производство металла. Компании, которые осуществляют интеграцию, рассматриваются инвесторами как лучшие, потому что они принимают реальные меры, чтобы уменьшить затраты, и таким образом увеличить прибыль.

Если интеграция осуществлена должным образом, она может значительно изменить методы и технологии, которые использует компания. Интеграция, однако, только дает возможность для этого. Люди должны быть склонными к изменениям и постоянно рассматривать все возможности и альтернативные варианты развития организации. В качестве первого шага, управление должно создать работоспособную систему, которая стимулирует коллективную работу и распределение обязанностей, а не является только рекламным щитом.

Одни из самых больших достижений по увеличению производительности обычно достигаются в отделах, сотрудничающих между собой для достижения общих целей. Теперь будет доступна нужная информация, чтобы проанализировать эффект, который один отдельный процесс оказывает на работу рудника и обогатительной фабрики. В конце концов интегрированные производственные процессы сломают барьеры коммуникаций между отделами, начиная тем самым новый подход к работе на предприятии.

Достижения в развитии техники и аппаратных средств заставляют изменять привычные процессы и процедуры. В то же самое время, эти достижения дают

положительное воздействие на связанные с ними процессы, обеспечивая информацию более быстро и точно. Например, использование глобальных систем позиционирования (GPS) для повышения скорости и точности получения маркшейдерских данных, предоставило карьерам такую информацию в реальном времени. Технология GPS также обеспечивает горных инженеров информацией о положениях забоев карьера, обеспечивая условия для лучшего контроля за усреднением руды, что, в свою очередь, влияет на производительность и извлечение полезных компонентов на заводе.

Новые компьютерные программы развиваются сегодня намного быстрее чем десятилетие назад из-за достижений в инструментах программирования и лучшего понимания проблем. Время, требуемое для работы нового программного обеспечения, также сокращается. Поскольку время цикла для развития программ и их работы сжимается, то скорость изменений возрастает. Компании изменяют процессы и технологии сегодня быстрее, чем когда-либо. Эта тенденция предполагает, что управление учится, как управлять изменениями, более эффективно. Если они не будут делать этого, они рискуют потерять конкурентоспособное преимущество.

Есть один способ гарантировать легкий переход компаний к новой технологии - тесно сотрудничать с разработчиками такой технологии. Эта стратегия гарантирует, что разработчики будут союзником непрерывно изменяющегося бизнеса и реальных технических потребностей горных предприятий.

Учитывая все вышесказанное, можно констатировать следующее.

Традиционно, горные компании обращались к новым технологии, чтобы улучшить производство и остаться конкурентоспособными, однако достигнутая производительность этих технологий во многих случаях уже достигла своего пика. Следующая волна технологии - интеграция систем и процессов - только начала появляться и обеспечит коренное повышение эффективности горных компаний в предстоящие 10 - 15 лет. Интеграция предоставляет всем служащим нужную информацию, чтобы делать быстрые и обоснованные решения. Это позволяет работникам быть 'стратегическим звеном' в процессе планирования, позволяя организациям уменьшить технический риск и неопределенность при изменяющемся рынке.

Интеграция также позволяет организациям увеличить опыт и знания всех служащих, внедряя технические усовершенствования и синтезируя новые процессы в своих подразделениях. Этот целостный подход к работе сильно отличается от сегодняшнего производства, но только он - ключ к улучшению работы, увеличению эффективности производства и конкурентоспособному преимуществу. Однако, во многих случаях выгоды от интеграции возможны только, если горная компания строит свою работу в тесном сотрудничестве с разработчиками программного обеспечения, чтобы гарантировать, что стратегия ИТ соответствует их бизнесу и техническим потребностям.

Как следующий шаг в повышение производительности, интеграция также готовит горные компании к будущим волнам технологии, таким как автоматизированные системы дистанционного управления, искусственный интеллект, нейронные сети и экспертные системы.

1.3. Этапы развития горных проектов

В мировой практике различают 3 основные стадии освоения месторождения (проекта) [4]:

- 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 терминология, несколько отличная от вышеприведенной, но описанная последовательность стадий подготовки минеральных ресурсов к эксплуатации в своей основе является стандартной.

На рис. 1.6 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 Study Report». После его завершения принимается решение: продолжать развитие проекта или нет. Если принято положительное решение, то далее следуют стадии инвестиций, детального проектирования и стадия строительства предприятия (Design and Construction Phase) (рис. 1.7).

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 на всех последующих этапах.

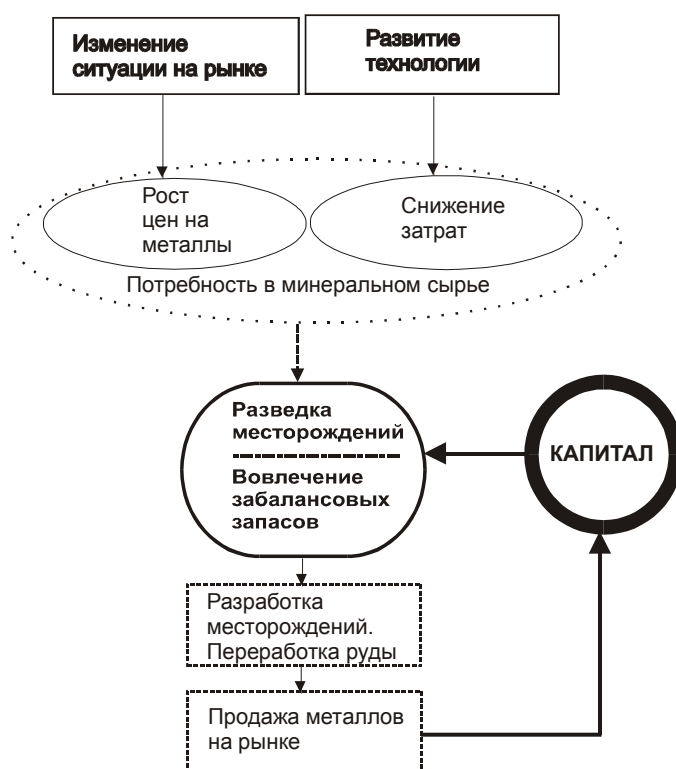


Рисунок 1.6. Диаграмма процесса освоения ресурсов минерального сырья

На рис.1.7 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 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 порций руды на переработку и заканчивается, когда качество и количество выпускаемой продукции выходит на проектный уровень. Вторая стадия - нормальная эксплуатация предприятия.

Как можно увидеть из рис. 1.7, стадия планирования дает громадную возможность минимизировать капитал и производственные затраты проекта и в то же время - максимизировать производительность и прибыльность предприятия.



Рисунок 1.7. 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.

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 ниже.

1. Топография поверхности и ее состояние
2. Климатические условия района
3. Водные ресурсы
4. Геологическая информация

5. Гидрогеология
6. Инженерная геология и геомеханика
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 технико-экономическое исследование (или Pre-feasibility study - PFS).

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. Некоторые выполняют эту работу силами 2-3-х специалистов, имеющих доступ к соответствующим экспертам, другие предпочитают создавать с этой целью целые 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.

В Приложении 1 приведена классификация и характеристика этапов ТЭО и проектирования горных объектов, используемая канадской консультационной компанией Aker Kvaerner. Ниже последние 2 стадии ТЭО описываются более детально.

Содержание отчета предварительного ТЭР (PFS).

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 коллеги» 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
- Анализ чувствительности и риска проекта

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

Точность оценок на стадии ТЭО.

Тоннаж руды и содержание в ней полезных компонентов

Имеющаяся на стадии ТЭО информация по опробованию руды и проверке его результатов делает возможным оценку содержания и тоннажа руды с точностью $\pm 5\%$. Хотя общий тоннаж 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 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 руды. 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 детально 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 случайный перерасход 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.

Долгосрочная средняя цена минеральной продукции (цена, наиболее подходящая для экономической оценки в FS) часто принимается равной средним мировым производственным затратам, увеличенным в 1.5 раза.

Затраты на разработку детального ТЭО обычно составляют 0.5 - 1.5% от общей стоимости проекта. Если в процессе разработки ТЭО требуется дополнительное геологическое бурение, опробование, металлургические испытания, геотехнические исследования и т.д., то стоимость такой работы может достигать 2 – 5% общего объема капитальных затрат.

1.4. Основы оценки эффективности горных проектов

1.4.1. Общее описание процесса оценки [5]

Процесс оценки горного проекта может быть разделен на две взаимосвязанных фазы: этап оценки и этап принятия решения. Продукт фазы оценки - набор измерителей выполнимости проекта. Эти параметры используются лицами, принимающими решение, чтобы выбрать, который проект реализовать. Решения обычно основываются на принципах теории принятия решений и исследования операций.

Чтобы сделать надлежащую оценку, аналитики должны сначала наметить цели оценки, для кого оценка должна быть сделана, используемые методы, наиболее подходящие для данных условий, критерии для принятия решения, и что можно и нельзя ожидать от данной оценки. Они также должны учесть сильные и слабые стороны и возможные источники помех в процессе оценки так, чтобы правильно интерпретировать результаты. Не существует какого-то единственного метода, подходящего для всех случаев, отличающихся многими деталями, типами и целями оценки. Следовательно, не может существовать какой-то предопределенный подход или "единый рецепт" для оценки проектов.

Горный проект может состоять из уже существующей собственности или собственности, которая будет или может быть создана в будущем. Следовательно, на первый взгляд, кажется, есть два широких класса таких проектов, для которых могут быть необходимы оценки:

- собственность, которая, как полагают, является немедленной возможностью для инвестиций и
- собственность, для которой сегодня еще нет такой возможности.

Существенное различие между этими двумя классами дает анализ причины инвестиций, которая, как иногда полагают, часто отличается от оценки реальной

рыночной стоимости собственности для налогообложения и других целей. Однако, инвестор всегда имеет право продать собственность, рассматривалась такая продажа ранее или нет, а ценность любой собственности зависит от ее потенциала, который будет создан, независимо от того, когда эти инвестиции могут иметь место. Поэтому, процессы оценки минерального проекта должны быть в основном идентичными обычно используемой оценке горных предприятий в неделовых целях, например для определения суммы налогообложения.

Таким образом, оценки минеральных проектов могут вместо этого быть разделены на два следующих класса:

- определение справедливой рыночной стоимости собственности для налогообложения или подобных целей или
- определение ценности в инвестиционных целях.

Справедливая рыночная стоимость может быть определена как ценность, которую потенциальные покупатель и продавец готовы рассмотреть при отсутствии любых особых обстоятельств, которые заставили бы владельца продавать или покупателя купить. Инвестиционная ценность в этом случае может быть определена как ценность, по которой фактически была совершена сделка, а фактическая величина инвестиций может или не может быть равной справедливой рыночной стоимости собственности. Различие между двумя этими ценностями зависит от определенных инвестиционных требований и ограничений инвестора.

Когда делается оценка проекта, чтобы определить справедливую рыночную стоимость собственности для налогообложения, то цель проведения такой оценки состоит в том, чтобы обеспечить информацию, которую эксперт может использовать в определении стоимости. Когда оценка делается для инвестиционных решений, то цель состоит в том, чтобы помочь этой информацией лицам, принимающим решение, сделать лучший выбор. В обоих случаях процесс оценки просто обеспечивает информацию людям, которые затем интерпретируют данные, чтобы определить ценность рассматриваемой собственности. Однако, учитывая несовершенную природу процедуры оценки, которая включает прогноз будущих событий, полученная информация приведет к лучшим решениям, если только ее выводы точны. Однако, получение правильных результатов и надлежащих выводов не самое легкое дело. ***Намного хуже сделать ошибочные выводы и полагать, что они верные, чем не иметь никакой информации вообще, но понимать этот недостаток и действовать соответственно.***

Есть два типа ошибок в оценке проекта: проект может быть принят, когда он должен быть отклонен, и он может быть отклонен, когда должен быть принят. Если хороший проект будет отклонен, то все его выгоды будут потеряны. Однако, намного более серьезные проблемы могут возникнуть, когда принят плохой проект - банкротство компании в случае частного проекта или негативные результаты в случае социального проекта. Эффект потери уже заработанных денег, или денег, которые могли быть вложены в лучший проект с такими же инвестициями, намного более разрушителен, чем просто неполучение будущей прибыли. Поэтому, любая оценка проекта должна требовать, по меньшей мере, оценки того, сколько может быть потеряно относительно того, сколько может быть получено. Поверхностный анализ потенциальных потерь - серьезный недостаток многих оценок.

Степень внимания, которое аналитик должен посвятить оценке уровня возможных потерь, учитывая при этом и возможные выгоды, зависит от восприятия инвестором приемлемого риска. Уровень риска отличается для разных инвесторов, для одинаковых проектов на различных стадиях развития, и может быть различным для несходных проектов. Кроме того, уровень приемлемого риска может измениться для любого проекта или инвестора уже в процессе реализации проекта.

Аналитики могут провести упрощенную оценку, которая определяет, действительно ли проект является стоящим. Привлекательность использования простых методов и

единственной процедуры в том, что компьютер сам может выбрать самый выгодный проект, освобождая, таким образом, лицо, принимающее решение, от этой обязанности. Конечно, этот подход является далеко не всегда подходящим. В большинстве случаев, аналитики должны рассматривать много факторов. Хотя генерируемые компьютером результаты действительно ценны, но задача инвестора интерпретировать их смысл и лично принимать решения. Компьютер решений не принимает.

Даже притом, что детальная оценка проекта не будет давать абсолютно правильных результатов, она может все же обеспечивать важные выгоды. Процесс оценки требует рассмотрения всех альтернатив, факторов, и деталей, а это обеспечивает структуру, чтобы помочь организации мыслить. Только это оправдывает время и стоимость, используемые на создание модели оценки. Кроме того, процесс оценки идентифицирует ключевые факторы, которые определяют успех проекта или отказ от него. Как только аналитики узнают ключевые факторы, они могут потратить больше времени и денег, чтобы получить больше информации относительно этих факторов. Это позволяет аналитикам расходовать бюджет процесса оценки более эффективно. Например, оценщики могли бы определить затраты проекта с точностью до $\pm 5.0\%$. Если они могут определить будущие цены произведенной продукции с точностью всего $\pm 50\%$, то они должны сосредоточить свои усилия и деньги на улучшение информации о ценах или сокращении рисков, связанных с ценой, вместо того, чтобы улучшать данные о затратах.

1.4.2. Пользователи информации об оценке проектов

Есть три распространенных типа пользователей результатов оценки проектов: частные инвесторы (включая частные корпорации), кредиторы и правительства. Частные инвесторы – это обычно спонсоры проектов и дельцы. Кредиторы включают коммерческие банки и специальные организации, типа Международного банка, или дельцы, играющие на понижение, которые предоставляют деньги в обмен на исключительные права купить горную продукцию. Правительства на национальных и на местных уровнях могут быть участниками проекта, как кредиторы, акционеры, налоговые или регулирующие органы.

Каждый из этих типов пользователей имеет различные размеры инвестиций и критерии оценки решения. Поэтому каждый интерпретирует результаты проектной оценки по-своему и может выбрать различные методы оценки. Например, частные инвесторы вообще предпочитают рисковать и получать компенсацию за их риск. Кредитные учреждения, в отличие от этого, принимают меньше риска и будут вообще рассматривать данный проект в другом свете, чем рискующий инвестор. Кроме того, различия в законодательстве могут заставить банки и частных инвесторов реагировать на проект по-разному.

Правительства заинтересованы в более широком диапазоне выгод и затрат чем коммерческие банки или частные инвесторы, следовательно они рассматривают результаты и методы оценки проекта специфически. Правительства должны рассматривать как частную прибыль инвесторов, так и социальную сторону проекта. В результате такие цели правительства, как: экономическое развитие, занятость и заработная плата, правительственный доход и условия социального обеспечения, распределение богатства, решение экологических и социальных проблем — вероятно, будут в конфликте с целями коммерческих банков или частных инвесторов.

Международные кредитные организации, типа Международного банка и банков, контролируемых государством, имеют некоторые свойства и кредиторов и правительств, т.к. они обычно рассматривают еще более широкий диапазон выгод и затрат. Мало того, что эти кредиторы должны быть консервативными, чтобы защитить их вкладчиков, они должны также рассмотреть социальные аспекты минеральных проектов.

Многие минеральные проекты (и почти все наиболее крупные из них) включают все три этих типа пользователей результатов оценки проекта. Мало того, что каждая сторона

должна понять его собственные перспективы и выгоды проекта, но каждый участник должен понимать также интересы других, если в результате должно быть достигнуто оптимальное, взаимоприемлемое решение. Поэтому, каждый участник, который имеет финансовый интерес в данном минеральном проекте, должен знать методологию оценки и критерии других участников. Например, если частный инвестор планирует обратиться к кредитору для получения капитала, то оценка такого проекта должна быть приемлемой для кредитора.

Несмотря на очевидную необходимость в том, чтобы определить ясный набор целей и критерии измерения результатов оценки проектов, этими шагами на практике часто пренебрегают. Корпорации и правительства могут иметь много часто противоречивых задач и целей. Кроме того, одна фирма может иметь цели, отличные от других компаний, даже в той же самой отрасли промышленности. Существует столько различных наборов целей для фирмы, сколько существует фирм. В то время, как максимизация прибыли - обычно самая важная цель для корпорации, существуют и другие возможные цели, например: быть самой большой в своем секторе, наиболее инновационной или иметь самую большую долю на рынке.

Оценка проектная частными инвесторами всегда была краеугольным камнем в создании новых горных компаний. До середины 1960-ых, большинство проектов было финансировано внутренним капиталом существующих горных компаний. С тех пор, требования капитала для очень больших минеральных проектов стали настолько высокими относительно основного капитала любой единичной горной компании, что почти все эти типы проектов теперь финансируются через кредит или созданием совместных предприятий. В результате этого финансовые учреждения очень часто стали включаться в число участников минеральных проектов.

1.4.3. Особенности инвестиционных решений по минеральным проектам

Прежде, чем подробно рассмотреть методы оценки проектов и критерии принятия решений, важно больше знать об особенностях инвестиционных решений. Эти особенности определяют, какая методология оценки должна использоваться. Можно применить неправильный метод или критерий выбора и получить ответ, который является математически корректным и может даже казаться разумным, но все же быть неправильным. Также возможно сделать все правильно и затем извратить интерпретацию результатов. Любая из этих ситуаций может вполне привести к принятию неправильного решения, что является худшим результатом усилий по оценке.

Основная процедура любой оценки должна сравнить последствия или относительные ценности всех возможных альтернативных стратегий и затем принять верные решения на основании полученных результатов. Определение финансовой ценности капиталовложений включает сравнение средних ожидаемых доходов от инвестиций с учетом всех альтернативных вариантов использования капитала. Нужно рассмотреть альтернативные затраты капитала, то есть выгоды, которые были бы получены от других, лучших вариантов инвестиций. Например, если единственный выбор - между хранением денег в банке, дающим 6 % ежегодно и инвестированием капитала на бирже или в какой-то проект, то такие инвестиции должны привести, по крайней мере, не менее чем к 6%-ой доходности капитала. Альтернативные варианты расхода капитала - важное понятие, которое является центральным в методах оценки.

Рассматриваемые ниже принципы оценки могут использоваться одинаково хорошо для неминеральных и минеральных инвестиций. Однако, горные инвестиции могут иметь множество особенностей, которые делают их несколько отличными от других типов возможностей, включая: истощение недр, уникальность каждого месторождения и характеристики рудных ресурсов (запасов), существование геологической неопределенности, значительное время, требуемое для развития производства, обычно

долгосрочный характер такого производства и явно циклическая природа изменения цен минералов. Кроме того, минеральные месторождения могут быть разработаны только там, где найдены полезные ископаемые. Поэтому, варианты определения местонахождения горного предприятия, вероятно, будут более ограничены по сравнению с другими типами индустриальных отраслей. Это уменьшение гибкости увеличивает риск горных предприятий по сравнению с другими типами инвестиционных возможностей.

Каждое месторождение уникально своим местоположением, распределением содержаний полезных компонентов в руде и другими характеристиками. Оно теоретически не может быть заменено, когда его запасы исчерпаны, хотя часто могут открываться или приобретаться подобные месторождения. Этот аспект мешает сравнивать характеристики одной горной операции с другой. Риск увеличивается, т.к. нет никакой гарантии, что геологические поиски приведут к такому же новому месторождению, чтобы заменить уже отработанное.

Эффект времени сильно влияет на ценность минерального проекта, так же как он влияет на любые другие долгосрочные инвестиции. Обычно предварительно должны быть предсказаны цены и затраты, что всегда вводит элемент риска, привычный для большинства других инвестиционных возможностей. Однако, цены на многие металлы являются по природе циклическими, а трудность в прогнозе цен и затрат приносит специфические проблемы в оценке и планировании минеральных проектов.

Время также влияет на минеральные проекты несколькими способами, которые не всегда присутствуют в других инвестиционных возможностях. Во-первых, для долгосрочного минерального проекта обычно требуются существенные минеральные запасы. Т.к. по определению, запасы – это то количество руды, которое будет добыто в будущем, то сегодняшняя ценность тонны запасов - меньше чем сегодняшняя ценность тонны руды, которая может быть добыта немедленно. Многие инвестиционные решения используют выбор, продать ли собственность сегодня или ждать до какого-то момента в будущем; таким образом, правительственные чиновники, которые желают обложить налогом все минеральные запасы, чтобы увеличить доход для общественных проектов, часто неправильно понимают тот факт, что не все запасы имеют ту же самую сегодняшнюю ценность.

Во-вторых, процесс оценки минерального проекта должен предполагать, что производственные решения, сделанные в начале отработки минерального месторождения, затронут и ценность проекта в будущем. Например, ранняя отработка руды более высокого качества увеличивает сегодняшнюю прибыль, но понижает среднее содержание остающейся руды и уменьшает жизнь рудника. Кроме того, экономические и эксплуатационные условия могут неожиданно измениться в течение жизни рудника, что делает необходимой высокую гибкость производства.

Наконец, невозможно знать точный тоннаж руды или содержание в ней металлов, пока месторождение не исчерпано, по двум причинам. Первая имеет отношение к геологической неопределенности. Геологические ресурсы месторождения определены его опробованием, которое по определению дает лишь статистические вероятностные оценки. Вторая причина связана с экономической неопределенностью. Количество и качество руды, которая будет добыта в любое данное время зависят от затрат на добычу и переработку руды и цен на металлы. Так как будущие цены не могут быть предсказаны точно, то обычно трудно определить запасы руды даже притом, что степень надежности геологических оценок может быть очень высока.

Несколько наиболее распространенных типов решений могут быть сделаны в части освоения минеральных месторождений. Каждый тип решения требует различных наборов информации и, возможно, различных интерпретаций результатов оценки. Некоторые типичные инвестиционные решения:

- (1) ничего не делать или вложить капитал в другом месте,
- (2) открыть новое горное производство,

- (3) сохранить, увеличить или уменьшить выпуск продукции на существующем производстве,
- (4) закрыть производство временно или постоянно и
- (5) повторно открыть производство.

Эти типы основных решений отличаются по масштабам сопутствующих затрат. Например, начальные затраты капитала уместны только для решений открыть или расширить производство. Затраты на закрытие и ожидаемые будущие затраты и цены сильно влияют на решения относительно того, должно ли предприятие закрываться постоянно или временно.

Эти динамические аспекты минеральной оценки вызывают много проблем у оценщиков проектов, инженеров и операторов. Учитывая неопределенную природу многих из входных показателей системы, часто трудно определить для планируемого производства такие основные производственные параметры как оптимальная производительность, среднее содержание и бортовое содержание.

Инвестиционные затраты и выгоды для некоторых проектов, в лучшем случае, трудно измерить и оценить. Например, инвестиции могут быть нужны, чтобы сохранить долю компании на рынке или статус организации как технологического лидера, но получаемые при этом выгоды неосвязаемы и трудны для измерения. Инвестиционные решения относительно человеческой безопасности и борьбы с загрязнением среды также трудно оценить, если при нарушении регулирующих стандартов предприятие не подвергается наказанию, типа штрафа или закрытия завода. Часто, оценки этих типов проектов делаются как поиск вариантов наименьших затрат, считая их лучшими вариантами.

Много инвестиционных решений стимулируются внешними событиями, типа неожиданного неподтверждения запасов руды, изменений в затратах энергии, рабочей силы или суммы налогов. Кроме того, инвестиционные решения часто должны приниматься в более короткий промежуток времени, чем требуется, что сильно ограничивает количество информации, которая может быть получена и проанализирована за выделенное время.

Проект, в котором будущие цены и затраты известны с определенностью, может и должен быть оценен в другой манере в отличие от проекта, в котором эти факторы неизвестны. Когда неопределенность и риск не существенны, то оценка проекта - обычно легкое занятие. Однако, минеральные проекты часто производят продукцию, для которой цены или процессы являются трудными для прогнозирования, и аналитики должны принимать решения относительно того, как лучше всего оценивать такие проекты. Введение категории риска очень усложняет процесс оценки. Ключ к успешной оценке - корректное использование и определение количества риска и его последствий. Многочисленные пути, которыми риск может быть оценен, обсуждаются в Главе ____.

Есть два распространенных типа инвестиционных решений, основанных на числе и взаимосвязи включенных в них проектов. Часто лицо, принимающее решение, должно предпочесть один проект другому, например, построить или ТЭЦ, или ГЭС. Так как только один проект может быть принят, то эти проекты являются взаимно исключающими. С другой стороны, инвестиционные возможности, которые не имеют никакого отношения друг к другу, типа медного рудника и месторождения нефти, определяются как взаимно независимые. Инвестор может предпринять или один, или оба проекта, если каждый проект отвечает минимальным требованиям прибыльности.

Ранжирование проектов также зависит от того, есть ли достаточные ресурсы или капитал, чтобы предпринять все проекты, если они независимы. Обычный случай, когда таких ресурсов или капитала нет. Таким образом, нормирование капитала становится необходимо. При условиях дефицита капитала, отобранные проекты – это те, которые принесут самые большие выгоды для данного доступного бюджета.

Часто необходимо сравнить выгоды и затраты двух или больше инвестиционных возможностей, которые имеют неравные сроки жизни. Как обращаться с оценкой таких случаев зависит от того, используются ли сроки жизни проекта или сроки службы оборудования. Решения, использующие сравнение вариантов при одинаковых условиях проектов, должны рассмотреть срок службы оборудования альтернативных инвестиций. Например, было бы неправильно сравнивать ценность инвестиций в машину, которая будет работать только 1 год, с машиной, которая стоила бы больше, но будет работать 20 лет. Очевидное решение в этом случае состоит в том, чтобы сравнить закупку 20 недорогих машин в течение долгого периода времени с инвестициями на покупку единственной, но более дорогой машины. На практике не всегда может оказаться легким оценивать различные сроки службы основных фондов при сравнении вариантов инвестиций. Однако, если анализ придерживается теоретических требований к оценке, то сравнение проектов с неравными сроками службы оборудования могут легко быть выполнены.

1.4.4. Типы оценок проектов

Есть много методов оценки проектов, частично потому что есть потребность в различных типах оценок и, частично, из-за неадекватности многих из используемых методов. Почти всегда для оценки какой-то единственной перспективы используется больше чем один метод.

Методы оценки могут быть разделены на два широких класса:

(1) прямые методы оценки, которые основаны на измеримых факторах, типа экономической эффективности, затрат и цен; и

(2) нормативные методы оценки, которые основаны на факторах, прямые измерения которых затруднены, типа социальных ценностей, этики, индивидуальных и коллективных суждений о ценности. Важно понять, что эти два отличающихся класса реально существуют. Бывает легко бессознательно смешать их и создать большой и ненужный беспорядок в процессе оценки. Это особенно часто случается с оцениваемыми правительством социальными проектами.

Прямые методы оценки основаны на реальной экономике, которая имеет дело с измеримыми факторами, основанными на экономической эффективности, затратах, и ценах. Экономическая эффективность приводит к выполнению задачи с минимальными затратами или получению самой большой выгоды от данных инвестиций.

Тоннаж минерализованного материала в недрах может быть измерен, используя геологические рекомендации и технические вычисления. Однако, руда и ее запасы определены здесь как материал, который может быть извлечен с прибылью, получаемой при существующих или ожидаемых технологии и ценах. Это понятие руды дает начало двум общим недоразумениям.

Во-первых, геологические запасы и содержания компонентов в руде иногда считают дискретными и неизменными за исключением эффекта истощения ресурсов. Это неправильное представление особенно поддерживается общественными чиновниками, которые имеют ограниченное знание горной специфики и минеральных ценностей, но ответственны за эту отрасль и связанные с ней финансовые и политические проблемы. На самом деле, количество запасов и содержания компонентов в руде зависят от изменяющихся уровней геологического знания и изменения экономических условий, а также истощения запасов. Геологические запасы и бортовые содержания минерального месторождения - функции не только геологии, но и технологии извлечения, затрат и цен. Изменения любой из этих переменных изменяют величину экономических запасов и рудных содержаний. Это объясняет, почему компании могут периодически сообщать о новых изменениях в величине запасов и содержаний кроме обычных изменений, которые вызываются нормальным истощением недр и продолжающимся их исследованием.

Второе недоразумение имеет отношение к цене ресурсов больших и очень больших месторождений. Например, для региона, который имеет запасов руды на 200 лет при существующей производительности, может быть сказано, что тонна запасов, которые добыты сегодня, может быть куплена за 1.10 \$/т, а ценность всех запасов равна этой цене, умноженной на тоннаж, добытый за эти 200 лет. Это абсолютно неверно; никакой инвестор не сможет позволить себе заплатить сегодняшнюю цену за руду, которая будет добыта через 200 лет. Из-за временной ценности денег, материал, который будет добыт в будущем, имеет небольшую или никакую цену по сравнению с материалом, который добыт сейчас.

Количество руды, подсчитанное с помощью геологических знаний, экономики извлечения, цен и времени отработки, часто вносит свой вклад в путаницу со стороны общественных чиновников, которые пытаются оценить ценность руды ради налогообложения или каких-то социальных выплат. Количество материала, классифицированного горными компаниями для данного момента и цен, как руда, может быть значительно больше или меньше чем количество, определенное общественными чиновниками. Какой результат является правильным, зависит от рассматриваемых методов и деталей вычислений, а также от сделанных предположений. Различия обычно вызываются различными прогнозами будущих цен и издержек производства. Недоразумения в определении руды могут легко привести к экономически неэффективным политическим действиям для данного региона.

Кроме того, геологические оценки всегда получаются с помощью опробования и, по определению, подвержены ошибкам. Поэтому, оценки извлекаемых запасов, средние содержания, особенности руды и месторождения, которые влияют на горные затраты, а также производительность, являются стохастическими; о них можно рассуждать только в терминах теории вероятностей, т.е. как о вероятных величинах, а не как о дискретных и неизменных. Лучшее понимание генезиса руды, более надежные методы бурения и опробования, использование компьютерных программ в соединении с геостатистикой улучшает результаты геологических методов оценки.

Технологические оценки могут быть разделены на четыре главных класса: добыча руды, ее переработка, транспортировка, и маркетинг. Первые три типа, основанные на инженерных оценках, часто являются самыми сложными и самыми надежными из всех оценок. Технический анализ затрат может привести к превосходным прогнозам производительности, затрат капитала и эксплуатационных расходов при используемых на входе процесса прогнозных ценах материалов, энергии и др., и в итоге позволит откорректировать геологическую информацию. Однако, производственные затраты зависят не только от технической экспертизы, но также и от оценки количества продукции, которая может быть произведена и продана, особенностей руды, условий добычи и времени завершения строительства. Если не учитывать все технологические риски или сопутствующие затраты, то можно легко получить ошибки в таком прогнозе. Например, правительства, возможно, не признают большую степень влияния на оценку проекта технологически связанных внешних последствий (например, связанных с технологией затрат, которые не включаются в цену продукции, типа затрат по предотвращению или ликвидации загрязнений окружающей среды) и затрат на прекращение производства (например, затрат на рекультивацию). С социальной точки зрения, эти внешние факторы должны быть идентифицированы, определены количественно и включены в перечень затрат при оценке.

Инвестиционные оценки используют данные геологических и технологических оценок, чтобы рассчитать затраты, параметры производства и прогнозы цен, а также потоки наличности. Эти потоки наличности затем используются как основание для того, чтобы определить сравнительные оценки, типа чистой существующей ценности (NPV), возвратов на инвестициях (ROI), внутренней нормы возврата (IRR), окупаемости, сравнительных затрат и ценность данной альтернативы. Такие оценки также подвержены

возможным рискам, вероятностям отказа и успеха, вероятным прибылям и/или потерям. Источники ошибок включают выбор ставки дисконтирования (учетной ставки); комбинации цен, затрат, и размера производства, которые вероятно будут в будущем; эффекты инфляции; выбор времени капиталовложений; и возможные эффекты политических и других рисков и затрат, типа налогов и обменных курсов валют.

Специфические особенности инвестиционного анализа зависят от запросов заказчика такой оценки: частного инвестора, правительства или кредитора. Класс кредиторов включает коммерческие банки, интересы которых являются довольно узкими; международные кредитные учреждения, типа Международного банка, интересы которого включают как социальные, так и коммерческие проблемы, и дельцов, которые хотят иметь исключительные права для покупки горной продукции. Другие типы кредиторов представляют кредитно-информационные экспортно-импортные бюро, типа тех, которые существуют в Соединенных Штатах и Японии и интересуются продвижением отечественных производителей и поставщиков в международной торговле.

Так как потребности заказчиков изменяются, не удивительно, что они могут использовать различные методы и исходные данные в инвестиционных оценках. Частные инвесторы используют фактические затраты и цены рынка, чтобы провести инвестиционный анализ и определить финансовые вознаграждения на инвестициях и финансовые риски. Правительства должны также включать сюда социальные затраты и риски, которые могут быть измерены теневыми ценами (то есть, ценами, которые отражают истинные экономические ценности в странах где правительственные действия исказили рыночные цены), а не фактическими рыночными ценами. Обязанность правительства состоит в том, чтобы проследить за включением этих затрат в оценку проекта. Коммерческие банки в свою очередь интересуются факторами, которые затрагивают безопасность ссуд, в то время как международные кредитные учреждения могут объединить свою заинтересованность в безопасности возврата ссуд с социальными проблемами местного правительства.

Главная задача финансового анализа состоит в том, чтобы определить, как увеличить и затем возместить капитал, необходимый для начала и поддержания производства и создания необходимой инфраструктуры. Это в значительной степени достигается распределением рисков проекта на тех участников, которые находятся в лучшем положении, чтобы принять их. Такая установка приводит к самому низкому уровню риска и самому низкозатратному финансовому пакету. Например, инженеры, работающие по контракту, принимают ответственность за риск несвоевременного завершения строительства, так как они находятся в лучшем положении, чтобы добиваться соблюдения графика строительства проекта. Другие категории риска и ответственных за риск могут включать: производственный риск (руководители производства), инженерный риск (поставщики оборудования), политический риск (страховая компания), рыночный риск (руководители производства и кредиторы), риск неподтверждения запасов руды (производитель и кредитор), экологический риск (производитель и кредитор) и риск случайных событий (страховая компания).

Капитал для проекта может поступать из разнообразных источников, включая сбережения участников, продажа обычных и привилегированных акций, коммерческие и институциональные ссуды, продажа облигаций или других долговых инструментов, продажи фьючерсов на продукцию, которая будет произведена в будущем и различных типов ссуд, используемых при покупке оборудования и услуг. Главная часть финансового анализа должна гарантировать, что все ссуды будут возвращены. Так как финансовый анализ полагается на результаты геологических, технологических и инвестиционных исследований со всеми их ошибками, то величина возможных ошибок на данном этапе суммируется. Это создает дилемму, потому что кредиторы – в большой степени несклонны к риску и работают на очень маленьких прибылях, в то время как оценки

минеральных проектов на данном этапе богаты сомнениями и почти наверняка содержат как суммированные, так и необнаруженные ошибки.

Нормативные методы оценки связаны с проблемами справедливости, благосостояния, этики и других суждений о ценностях. Примеры оценок, требующих этих типов методов - экологические экспертизы, оценки эффектов перераспределения богатства, определений стоимости обучения и инфраструктуры, чтобы улучшить социальное благосостояние населения. Эти проблемы имеют самое высокое значение для страны - хозяина проекта, но они не могут быть так легко определены или измерены количественно, как рыночные цены и затраты. Социальные эффекты проекта должны быть оценены с пониманием социальных целей страны. Это - особенно трудная задача, так как много целей могут быть плохо определены или быть конфликтными, а многие из социальных эффектов проекта трудны в измерении. Однако, независимо от того, насколько трудоемок этот анализ, будущий успех проекта всегда зависит от хорошо выполненной социальной оценки..

1.4.5. Конечные продукты оценки проекта

Утверждение, что цель оценки проекта состоит в том, чтобы определить величины конечных экономических параметров - чрезмерно упрощенное. Проектная оценка приводит к множеству конечных продуктов, которые используются лицами, принимающими решение, чтобы оценить проект и сделать инвестиционные решения.

Неправильно оценивать проект, как будто он был изолирован от остальной части экономики или фирмы. Любому принятому решению всегда есть альтернативы. Чтобы правильно определить ценность любого проекта, должны также быть определены оценки всех альтернатив. Например, может быть жизнеспособной альтернатива - не делать ничего или ждать, пока не будет получено больше информации. Простая идентификация возможных альтернатив – это всегда первый шаг в процессе оценки, который дает много информации для лица, принимающего решение.

Модель потока наличности (финансовая модель) обеспечивает прогноз возможных будущих инвестиционных потребностей и доходов в соответствии с различными прогнозами цен, затрат, и объемов производства. Она обеспечивает основание для дополнительного исследования и лучшего понимания проекта. Создание этой модели помогает аналитику организовывать мысли и удостовериться, что все уместные переменные и факторы включены в анализ.

Включение всех уместных затрат и прибылей в оценку имеет особое значение в формировании потока наличности. Например, аналитики во многих случаях могут не учитывать затраты на закрытие и отказ от производства. Кроме того, доход от новой деятельности могут представлять собой затраты другой продолжающейся деятельности, и эти затраты и доход должны быть учтены для определения истинной чистой ценности. Так мог бы иметь место случай, когда изменяют технологию добычи, чтобы увеличить производительность, но это приводит к увеличению объемов переработки руды и количества хвостов обогащения.

Полное понимание рисков, их последствий, и вероятностей их возникновения – обязательная составляющая любой оценки проекта. Модель потока наличности может помочь в оценке риска в инвестиционном анализе, а также быть средством для определения оптимального риска в финансовом анализе. Цель оценки риска не состоит в том, чтобы уменьшить риск (это не может быть сделано анализом), а скорее в том, чтобы увеличить понимание риска так, чтобы могло быть запланировано и предпринято соответствующее корректирующее действие.

Есть пять компонентов оценки риска:

- Идентифицировать риски.
- Определить последствия учтенных рисков.
- Определить вероятность реализации событий, связанных с риском.

- Определить отношение инвестора к риску так, чтобы риски могли быть должным образом оценены.
- Фактически оценить риски.

Потребность в первом компоненте не требует никакого объяснения. Второй и третий компоненты необходимы, потому что оценщики должны быть в состоянии отличать:

- 1) риски, которые имеют высокие вероятности возникновения, но вызывают маленькие изменения в ценности и
- 2) риски, которые имеют низкие вероятности возникновения, но вызывают существенные изменения в ценности проекта.

Например, плата низкой цены за геологоразведку маловероятного минерального месторождения должна отличаться от платежа разорительно высокой цены за право на месторождение, имеющее надежные запасы богатой руды. Неудача в первом случае не имела бы большого финансового эффекта на инвестора, тогда как во втором случае она заставит инвестора стать банкротом. Четвертый компонент - отношение инвестора к риску - необходим, чтобы позволить аналитику правильно оценить возможности опасного проекта. Этот тип анализа использует спорные понятия теории предпочтений.

Определение риска становится все более и более сложным в горной и энергетической отраслях промышленности из-за потребности включать экологические риски и затраты по оценке проектов. Правильные измерения экологических затрат часто недоступны, поэтому трудно включать эти проблемы в обычный анализ потока наличности. Однако, все затраты, доходы и связанные с ними риски, включая экологические факторы, должны быть включены в полную оценку проекта.

Вообще, чем выше риск, переживаемый инвестором, тем выше средние ожидаемые доходы по всем инвестициям. Без обещания более высоких возвратов, инвестор не имел бы никакой причины рассматривать проекты с более высокими рисками. Если бы минимизация риска была целью инвестора или если бы не было никакой премии, выплачиваемой за учет риска, то инвестор выбирал бы только ценные бумаги с низким риском, типа американских Казначейских обязательств.

Хотя риск в горнодобывающей промышленности изменился за прошлые 20 лет, он все еще присутствует и представляет важную часть в оценке любого проекта. Горная промышленность более подвержена политическим и экономическим ударам, чем многие другие отрасли, но награды чаще получает тот, кто больше рискует.

Наличие финансовой модели позволяет оценщикам проводить анализ чувствительности проекта, чтобы понять, какие переменные являются в нем самыми критическими. Оценщики могут затем сосредоточить внимание на этих переменных, чтобы удостовериться, что полученные результаты настолько точны, насколько возможно. Они могут также оценить вероятность отклонений от прогнозных величин и проверить последствия этих изменений.

Идентификация критических значений иногда приводит к неожиданностям. Например, обычно аналитики могут предсказать капитальные и эксплуатационные расходы с достаточной степенью точности, но они намного меньше знают о будущих ценах на продукцию. Исследования чувствительности минеральных проектов часто показывают, что предполагаемое процентное отклонение запланированных капитальных или эксплуатационных расходов дает приблизительно только 50% эффекта на конечную оценку проекта по сравнению с таким же процентным отклонением цен на продукцию. Аналитики могут с удивлением обнаружить, что, несмотря на большие расходы на полный технический анализ, больше информации часто доступно для менее критических переменных, и совсем немного информации имеется о самых важных переменных, например, о будущих ценах на продукцию.

При близком рассмотрении, некоторые переменные, из-за их незначительного воздействия, оказываются, не такими уж критическими, как они кажутся вначале. Например, неожиданное увеличение эксплуатационных расходов может сохраниться в

течение всей жизни проекта, тогда как цены, как ожидают, будут колебаться. Поэтому, отклонения в ежегодных ценах, возможно, будут не столь уж критическими, по сравнению с постоянным ростом эксплуатационных расходов.

Одна из главных целей правительства в продвижении минерального проекта состоит в том, чтобы получить максимальные выгоды или налоговые доходы от проекта. Поэтому всегда возникают трудные вопросы. Как правительство должно участвовать в проекте? Насколько проект должен быть обложен налогом? Какие инвестиционные стимулы нужно использовать? Ключ к ответам находится в определении суммы экономически обоснованной арендной платы (ренды) в краткосрочном и долгосрочном аспекте. Экономическая рента определяется как количество прибыли, которая может быть обложена налогом сразу, не принимая во внимание решения инвестора проекта. Основная трудность состоит в том, как определяются полные издержки производства. Экономисты включают в определение затрат условие компенсации всего инвестированного капитала плюс минимальную норму возвращения для покрытия расходов инвестора. Есть также различие между краткосрочными рентами (или квази-рентой) и долгосрочными. Краткосрочные ренты могут быть назначены без учета специфики операций существующего проекта. Однако, получение этих краткосрочных рент будет иметь долгосрочный эффект на будущие инвестиции. Правительства, предпочитающие облагать компании краткосрочной рентой, должны быть осторожными. Анализ потока наличности и модели затрат может помочь получить ответы на вышеупомянутые вопросы.

Как только принято решение предпринять новый проект или вложить капитал в существующий, необходимый капитал должен уже быть доступен. Хотя есть только два основных источника инвестирования: собственные средства и кредит, но есть много различий, ограничений и условий, которые усложняют процесс выбора оптимальной комбинации типов и количеств заемных и собственных средств. Этап финансовой оптимизации должен идентифицировать и определить комбинацию, которая приводит к самой низкой стоимости инвестиционных фондов для проекта.

Геологические, технологические, и инвестиционные исследования используются совместно с финансовой теорией, чтобы определить оптимальную финансовую структуру проекта. Если кредит - желательный способ увеличить капитал, то кредиторы могут провести их собственные независимые геологические, технологические, и инвестиционные исследования перед принятием решения о предоставлении кредита.

Составление бюджета капитала подразумевает распределение дефицитных (то есть, ограниченных) ресурсов между участниками проекта. Все участники проекта имеют дефицитные ресурсы, типа капитала, иностранной валюты, организаторской и контролирующей экспертизы, природных ресурсов, количества инфраструктуры и квалифицированной рабочей силы. Оценщики должны ранжировать проекты, чтобы идентифицировать те из них, которые являются самыми выгодными и возможными для данных существующих бюджетов и целей. Компромиссы становятся неизбежными, так как выбор должен быть сделан из многих проектов с различными выгодами и затратами. Приоритеты должны обычно делаться на таких факторах, как низкие начальные требования капитала, возможно ранний положительный поток наличности, низкие налоги и риск проекта, высокий валютный доход, быстрый коммерческий рост, низкие издержки производства, малое воздействие на экологию, широкое использование местных трудовых ресурсов, поощрение вертикального или горизонтального расширения и большое возвращение на инвестициях. Очевидно, что инвесторы не могут в одно и то же время иметь все эти критерии наилучшими. Проблема находится в определении приемлемых значений (интервалов) этих критериев.

1.4.6. Динамическая природа оценки проекта

Оценка Проекта – постоянно продолжающийся процесс, а не одноразовое событие. В любой момент времени многочисленные проекты конкурируют в борьбе за те же самые

дефицитные ресурсы. Изменения в бюджете, критериях оценки, затратах или выгодах любого из конкурирующих проектов могут изменить результаты оценки и позицию любого рассматриваемого проекта.

Реальные шаги в оценке проекта несколько отличаются в зависимости от обстоятельств и размера инвестиций. Вообще, чем больше инвестиции, тем, вероятней, что исследование будет более полным и продолжительным. Например, покупка маленькой горной собственности, расположенной рядом с существующим рудником, может потребовать только нескольких недель, тогда как покупка некоторого числа крупных объектов может занять несколько лет.

Существует теоретическая последовательность оценки, которая принимает во внимание все уместные переменные, однако фактическая последовательность может сильно измениться из-за нехватки времени, информации или влияния руководителя проекта или лица, принимающего решение. Ниже мы сначала обсудим теоретическую последовательность, которая рассматривает все факторы, и затем вернемся к описанию реалистических альтернативных путей.

Первый шаг в оценке проекта должен определить долгосрочные и краткосрочные интересы и цели. Может показаться ненужным подчеркивание важности определения реалистичных целей, но многие проекты терпели неудачу только потому, что до начала процесса оценки проекта не были сформулированы ясные цели и критерии оценки. Многие уже оцененные проекты были впоследствии отложены или прекращены, потому что они не соответствовали реальным целям и приемлемым рискам инвестирующей компании.

Чтобы быть достижимыми, цели должны быть совместимы с доступными ресурсами. Поэтому, все расчеты должны производиться в пределах ограничений, наложенных финансовым бюджетом, предварительно проведенной экспертизой, наличием квалифицированной и неквалифицированной рабочей силы и политической окружающей средой. Эти ограничения изменяются во времени и зависят от потребностей и работы продолжающихся проектов, а также от потребностей потенциальных новых проектов.

Новый проект должен сначала быть оценен на основе предварительной информации, используя известные проектные параметры, существующие цели и ограничения. Затем корпорация или правительство должны решить, как лучше всего участвовать в развитии проекта. Например, частная фирма может решить искать только определенные полезные ископаемые в выбранных странах. Многие фирмы следовали этим путем в течение 1980-ых годов, когда они пытались искать золото только в Северной Америке и Австралии.

Фирма или правительство должны также решить, как они будут участвовать в горной деятельности. Здесь есть много вариантов, таких как ускоренная геологоразведка (и продажа перспективных участков), горное производство (которое включает контракт на добычу и переработку руды) или маркетинг (который включает посредничество по продаже минеральной продукции). Каждый вид или комбинация действий несут в себе различный набор рисков, затрат и выгод для данного проекта при соблюдении поставленных целей и ограничений.

Как было сказано ранее, в мире существует гораздо больше потенциальных проектов, чем реально доступных ресурсов. Это могут быть новые возможности или уже существующие операции. Весьма часто вложение капитала в существующие шахты или заводы приводят к очень высоким возвращением. Фирмы и правительства могут также предпочесть инвестировать в отрасли, не связанные с полезными ископаемыми. Инвестиции в сельское хозяйство или в средства обслуживания транспорта могут привести к еще более высоким возвращением, чем инвестиции в хорошее горное предприятие.

Только после того, как все возможные проекты и варианты идентифицированы, можно сравнивать результаты расширенных экономических исследований индивидуальных проектов. Рассматриваемые проекты можно ранжировать по целям,

ограничениям и другим особенностям. Затем, учитывая бюджетные ограничения, могут быть приняты решения в пользу самого благоприятного проекта или группы проектов, которым будут ассигнованы необходимые ресурсы. Распределение ресурсов среди новых и существующих проектов обычно изменяет начальные ограничения процесса оценки.

Решение поместить капитал в геологоразведку может привести к одному из трех результатов:

- неудача и отказ от продолжения,
- расходование доступного капитала и
- успех.

Очевидно, только успех может привести к выгодам в ближайшее время. И расходование капитала, и успех разведки потребует следующего этапа принятия решений о распределении капитала при новом наборе ограничений.

Оценка любого отдельного проекта не делается в вакууме. Она зависит от ценности всех других рассматриваемых проектов и уместных ограничений. Число и типы рассматриваемых проектов, а также цели, ограничения и доступная информация, все это непрерывно меняется во времени. Поэтому оценка проекта - непрерывный и динамический процесс.

Только что описанный теоретический процесс может иметь другие конфигурации в практике реального мира. Возможно, что многие из сопоставлений и петель обратной связи будут опущены из-за нехватки времени или влияния руководителя проекта (лица, принимающего решение). И наоборот, часто решение откладывается на неопределенный срок, поскольку должно быть собрано больше данных в ответ на быстро изменяющийся рынок или экономические условия. Эта потребность в дополнительной информации может привести к задержкам или отсрочке оценки проекта. Однако, из-за недостижимости исчерпывающей информации длительные ее поиски могут привести к результату, иногда называемому “параличом анализа.” Хотя эти случаи ускоренного или замедленного развития процесса оценки весьма отличаются друг от друга и от теоретической модели, но они не обязательно будут лучше или хуже. Сильное влияние руководителя или лица, принимающего решение может быть оправдано в некоторых случаях, особенно когда этот человек способен признать, что многочисленные сомнения в конце концов могут «победить» многообещающий проект. Точно так же и паралич анализа, возможно, не самый худший результат в течение периода изменения экономических или финансовых условий. Однако, учитывая большую скорость изменений экономических и рыночных состояний в сегодняшнем деловом мире, быстрое принятие решения предпочитается наиболее часто.

Очевидно, что чем больше доступной информации для принятия решения, тем выше его качество. Однако инвесторы никогда не смогут получить всю желаемую информацию, и должны принимать решения в условиях неопределенности. Проблема в том, чтобы выбрать, принимать ли решение на основе доступной информации или собрать больше данных. Так как информация является дорогостоящей, а задержка в осуществлении проекта уменьшает потенциальную прибыль, то эта проблема не тривиальна.

Ответ экономиста на этот вопрос такой, что данные должны собираться до тех пор, пока стоимость последнего бита собранной информации не будет равняться доходу, полученному на основе этих данных. Хотя это теоретически правильно, но определение предельных затрат и выгод от сбора данных чрезвычайно трудно на практике. Например, если проект заключается в том, чтобы прекратить работы из-за чрезмерного геологического риска, то более тщательная разведка, возможно, могла бы уменьшить риск до приемлемого уровня. Однако, аналитики могут предсказать только стоимость дополнительной разведки, но не ее результаты.

Есть несколько подходов к определению ценности дополнительной информации. Информация имеет ценность, только если она повлияет на действия лица, принимающего решение. Если наличие новой информации действительно приводит к изменению в

процессах и технологии, то ценность информации зависит от уровня ее неопределенности, вероятной прибыли, и отношения к риску лица, принимающего решение. Если лицо, принимающее решение относится к риску нейтрально, то ожидаемая ценность информации - разница между ценностью лучшей альтернативы с этой информацией и ценностью этой же альтернативы без нее. Если инвестор не склонен к нейтральному риску, то ценность информации равна дополнительным затратам, которые делают лучшую альтернативу с информацией равной лучшей альтернативе без информации, что лучше всего определяется методом проб и ошибок.

С помощью анализа чувствительности проекта должны быть определены ключевые переменные, изменения которых в наибольшей степени влияют на оценку проекта. Затем эти переменные должны быть исследованы, чтобы понять, насколько точно они должны быть известны. Задача состоит в том, чтобы определить вероятные потери из-за недостаточного знания ключевых переменных.

Другой подход к определению ценности информации состоит в том, чтобы определить максимальную ценность получения новой информации, даже в случае, если аналитики не знают точных затрат на получение этой информации. Эта процедура устанавливает верхний предел суммы, которая может быть потрачена на получение дополнительной информации.

1.5. Экономические термины и понятия, используемые в оценке горных проектов

1.5.1. 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.:

$$P = D - C \quad (1.1)$$

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:

$$P = Q(De - Ce) \quad (1.2)$$

Добываемые при разработке месторождений полезные ископаемые поступают на мировой рынок от горных предприятий, разбросанных по всем континентам. 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, которая становится все более важной с возрастанием глубины 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.

1.5.2. 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. В Приложении 2 приведены более детальные характеристики основных переменных и категорий, которые широко используются в расчетах потоков наличности и финансовых моделей горных проектов. При этом некоторые определения и детали могут в некоторых ситуациях повторяться.

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

$$FW = PV(1+i) , \quad (1.3)$$

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.

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

В конце n лет хранения сумма достигнет

$$FW = PV(1+i)^n . \quad (1.4)$$

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

$$PV = \frac{FW}{(1+i)^n} \quad (1.5)$$

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.

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

.....

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

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

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

$$PV = FW \left[\frac{(1+i)^n - 1}{i(1+i)^n} \right] \quad (1.6)$$

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 сегодня в банке занято 5 \$ (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

$$PV(2) = 1.0 \left[\frac{(1+0.1)^n - 1}{0.1(1+0.1)^n} \right] \quad (1.7)$$

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

$$NPV = PV(1) + PV(2) = -5\$ + 1\$ \left[\frac{(1.10)^n - 1}{0.10(1.10)^n} \right] = 0$$

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

$$FW_2 = A_m \left[\frac{(1+i)^{10} - 1}{i} \right], \quad (1.8)$$

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.:



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 (CF)	=Поток наличности

Простой пример приведен в табл.1.2. В данном случае в начале проекта вкладывается 200 \$, а в конце 1-го года еще 100 \$. Расчеты выполнены для первых 6 лет.

Таблица 1.2. 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:

$$NPV_n = \frac{CF_n}{(1+0.15)^n}, \quad (1.9)$$

где p - 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 или IRR)

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	-Капитальные вложения
= Cash flow	=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.

$$Dep = Inv/Y \quad (1.10)$$

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 1.3.

Таблица 1.3. 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 (учетной ставки) 15% равен 43.29 \$.

Величина DCFROR, 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. 1.8) базируется на валовом доходе от продажи продукции или (что равнозначно) - на плате металлургического завода за получаемый концентрат.

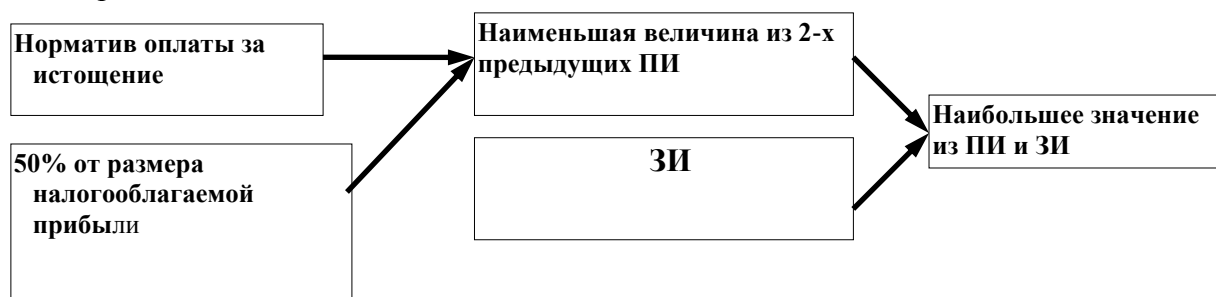


Рисунок 1.8. Схема расчета оплаты за истощение недр

Поток наличности с учетом платы за истощение недр

Схема расчета CF :

Gross revenue

- Operating expense

- Depreciation

- Depletion

= Taxable income

- Tax

= Profit

+ Depreciation

+ Depletion

- Capital costs

= Cash flow

Суммарные доходы

-Производственные затраты

-Амортизация

-Плата за истощение недр

=Налогооблагаемая прибыль

-Налоги

=Чистая прибыль

+Амортизация

+Плата за истощение недр

-Капитальные вложения

=Поток наличности

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

Для цветных металлов мировые 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

$$CM = \frac{G}{100} 2000, \quad (1.11)$$

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

$$CV = \frac{G}{100} 2000P, \quad (1.12)$$

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 троичных унций

3) Комбинация этих 2-х методов.

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

$$G_e = \frac{C}{100} (G - u), \quad (1.13)$$

где: C - доля в % оплачиваемого металла в концентрате

u - фиксированное снижение содержания металла в концентрате.

Следовательно, оплачиваемое заводом количество металла в концентрате

$$M_e = \frac{C(G - u)}{100} 2000, \quad \text{фунтов}, \quad (1.14)$$

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

$$GV = M_e Pf \quad (1.15)$$

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

$$BSR = M_e (Pf - r) - T \quad (1.16)$$

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 из концентрата (X). Если при этом обозначить $P_e = (Pf - r)$, то формула (1.16) превратится в выражение

$$NSR = M_e P_e - T - X + Y \quad (1.17)$$

Долгосрочные соглашения на переработку концентрата и рафинирование обычно содержат информацию о развитии затрат и цен во времени. Такие изменения затрат на рафинирование ($e1$) 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 ($e2$) связано обычно с формами 2 или 3. Теперь можно переписать уравнение (1.17) с учетом перспективного изменения затрат.

$$NSR = M_e(P_f - r \pm e_1) - (T \pm e_2) - X + Y \quad (1.18)$$

Контракты на переработку концентратов должны включать в себя все аспекты продажи и покупки с момента отправки их потребителю и до окончательной оплаты за переработку. 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

$$AMR = NSR - R \quad (1.19)$$

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

$$PP = 100 * AMR / CV, \quad (1.20)$$

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.

1.6. Литература

1. Camus, J.P. 2002. Management of mineral resources. Mining engineering (SME), January, p.: 17-25.
2. Ian C. Runge. Mining Economics and Strategy, SME, USA, 1998, 316 p.
3. Stephen B. Cheeseman., Integration – The Road to Increased Productivity., Gemcom Software International Inc., 2000
4. Hustrulid W. Kuchta M. 1995. Open Pit Mine Planning & Design. A.A.Balkema. Rotterdam
5. Thomas F. Torries. Evaluating Mineral Projects., 1998 Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc

2. Информационные технологии оценки минеральных ресурсов и запасов

2.1. Классификация ресурсов и запасов

2.1.1. Общие принципы

В США, ЕЭС и Австралии разработаны и повсеместно используются специальные нормативные документы [1,2], 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 (см. Приложение 3). 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 Сотоварищем (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. 2.1. 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 предположена 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 предположена 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 измеренных и установленных ресурсов, которые удовлетворяют условиям, классифицирующим руду, как запасы. Впрочем, иногда измеренные ресурсы могут быть переведены только в группу вероятных запасов (см. рис. 2.1.)

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', отработываемые 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. Для этого введено понятие балансовых и забалансовых запасов. В отличие от западных систем, однако, здесь до сих пор чувствуется влияние концепции жесткого государственного контроля над 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).

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.

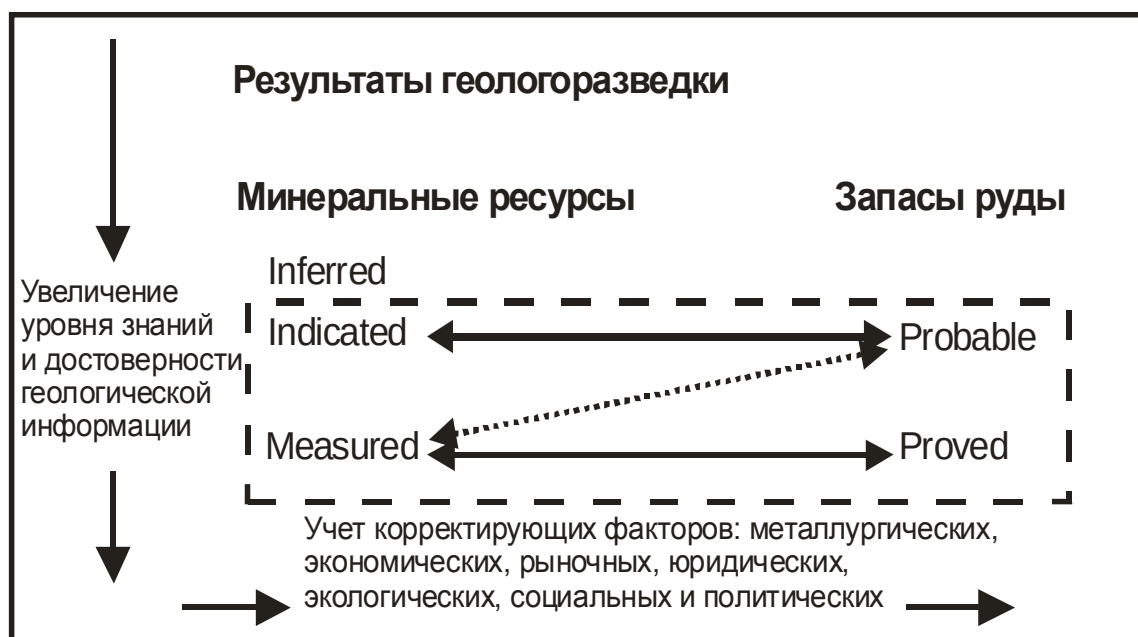


Рисунок 2.1. Связь между ресурсами и запасами

Теперь, когда классификация ресурсов/запасов постепенно становится международной, и практически везде используются упомянутые выше категории, возникает вопрос, по каким критериям относить ресурсы по разным категориям?

В готовящемся международном стандарте подготовки геологических отчетов о ресурсах об этом упоминается очень мало. На практике обычно используется 3 основных подхода:

1. В геологических нормативных документах СССР и СНГ достаточно жестко определены критерии отнесения запасов различных типов руды к той или иной категории в зависимости от плотности разведочной сети и типа месторождения. Геолог, используя эти инструкции, оконтуривал на планах и разрезах зоны минерализации с различной плотностью разведки и относил их к той или иной категории.
2. С появлением блочного моделирования и широкого использования геостатистики появилась возможность автоматического отнесения ресурсов к разным категориям в процессе интерполяции содержаний по установленным геологом критериям расстояний от пробы до оцениваемого блока или по величине допустимой ошибки оценки кригингом содержания в блоке. Недостатком этой методологии является пятнистая структура распределений категорий по месторождению (высокие категории появляются везде, где есть какие-то пробы), что усложняет планирование будущих горных работ.
3. Геолог, выполняющий моделирование и оценку ресурсов (компетентная персона), используя свои представления о характере минерализации и надежности геологической информации, оконтуривает однородные зоны залежи и относит их к соответствующим категориям на свое усмотрение. В этом случае он полностью несет ответственность за свои выводы и готов нести ответственность за возможные ошибки.

В последнее время специалисты все больше склоняются к 3-му методу экспертной оценки, принимая во внимание и геостатистические параметры, и особенности структуры месторождения, и плотность его опробования.

2.1.2. Геоestatистические методы

Ниже приведены выдержки из краткого учебного курса по геостатистике компании SRK «GEOSTATISTICAL ORE RESERVE ESTIMATION» - 2001.

Известны 2 основных метода классификации минеральных ресурсов и запасов с использованием геостатистической теории:

- на основе анализа вариограмм
- на основе дисперсии кригинга и вероятной ошибки в оценке ресурсов

Рисунок 2.2. показывает вариограммы для двух гипотетических месторождений руды с тем же самым диапазоном влияния, но значительно разными эффектами самородка. На них значение гамма (h) выражено как процент от значения порога (Co+C) так, чтобы порог равнялся 100 %. Такие вариограммы называются стандартизированными или нормализованными. Мы, таким образом, имеем потенциальный, но несколько грубый метод для того, чтобы классифицировать рудные ресурсы и запасы по описанным выше категориям для различных рудных тел/месторождений.

Метод требует предварительного обоснования доверительного уровня, основанного на значении (h). В этом случае произвольно была установлена граница в 66 %, чтобы отличать Proven (Measured) от Probable (Indicated) запасов/ресурсов. Таким образом, интервал между скважинами/пробами в месторождении, по определению, должен быть такой, чтобы он включал две трети изменчивости данных ("правило двух третей"), если ресурс должен быть помещен в категорию Measured. Если эффект самородка будет выше 66 %, то достижение этого доверительного уровня не будет возможно, и будут установлены только Indicated ресурсы. Как показано на рисунке 2.2., Measured/Proven категории намного более ограничены во втором рудном теле, так как его большой эффект самородка требует, чтобы плотность опробования была намного выше, чтобы классифицировать минерализацию для этих категорий. Граница между Indicated и Inferred ресурсами равна величине зоны влияния "a" так, что, если средний интервал опробования месторождения больше чем зона влияния, то он должен быть уменьшен до величины, меньшей чем зона влияния, чтобы соответствовать категории Indicated. На рис. 2.2. видно, что более длинный диапазон влияния в одной залежи по сравнению с другой увеличивает интервал бурения или опробования, который можно допустить в категории Indicated для этой залежи.

Вышеупомянутое, таким образом, указывает на то, что плотность бурения, необходимого для достижения категорий Proven/Measured может изменяться от рудника к руднику и зависит от характера минерализации. Там где есть слабая непрерывность содержаний (малые зоны влияния вариограмм) и высокий эффект самородка, плотность бурения должна быть намного выше.

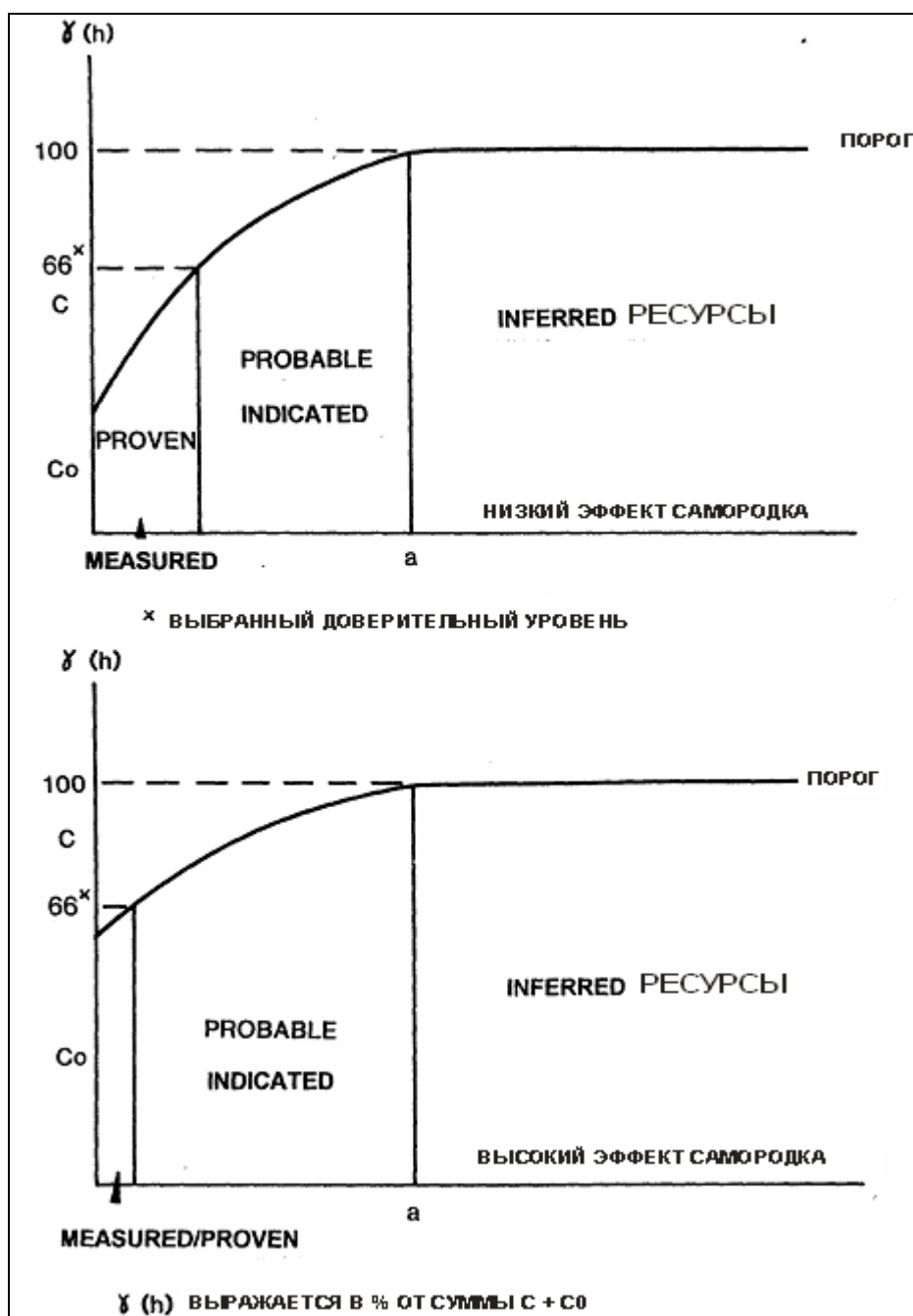


Рисунок 2.2. Определение плотности разведочной сети для классификации ресурсов/запасов 2-х месторождений с разным эффектом самородка.

Второй способ использует дисперсию кригинга, которая оценивается для каждого блока модели при интерполяции. Здесь читатель должен вспомнить основы теории, которые приведены в [3] или любом другом учебнике по геостатистике. Указанный выше параметр зависит от количества данных (проб), доступных в пределах эллипсоида поиска, эквивалентного геостатистическому диапазону влияния каждой оцениваемой точки в пределах рудного блока. Он также отражает распределение этих точек в пределах области поиска и характер или непрерывность минерализации. Этот параметр может использоваться, чтобы оценить точность оценки каждого блока. Чтобы установить универсальную систему классификации, необходимо выразить ее (дисперсию) как относительную дисперсию кригинга или относительное стандартное отклонение кригинга так, чтобы ошибка была непосредственно связана со средним содержанием, которое изменяется от блока к блоку, или от месторождения к месторождению. Необходимо понять, однако, что точность, базирующаяся на кригинге, не может быть

использована, чтобы полностью отражать доверительный уровень оценки блока, поскольку полностью не приняты во внимание аспекты качества используемых исходных данных, в частности не рассматривается выход керна или пробы.

Royle в 1977 г предложил, чтобы рациональная система классификации рудных запасов была основана на кригинговой оценке блока и на связанной с ней дисперсии кригинга. Он заявляет, что для каждого блока в пределах рудного тела может быть оценена вероятность того, что его 'истинная' величина находится выше бортового содержания (break-even cut-off grade - BCOG). Первый шаг в этом процессе - расположить оценки содержаний блоков в порядке увеличения дисперсии кригинга. Для каждого блока вычисляется величина:

$$D = (Z_K^* - \text{BCOG}) / \sigma_K \quad (2.1)$$

, где: Z_K^* – кригинговая оценка блока,
 σ_K – стандартное отклонение кригинга.

Если $\text{BCOG} = 3$ г/т, оценка содержания блока - 3.125 г/т, и его дисперсия кригинга - 0.04 (г/т)², то:

$$D = (3.125 - 3) / \sqrt{0.04} = 0.125 / 0.2 = 0.625$$

По стандартным статистическим таблицам можно найти область под графиком стандартного нормального распределения между значениями 3.125 и 3.0 г/т - 0.234, следовательно вероятность того, что фактическое содержание блока больше, чем BCOG равна $0.5 + 0.234$, то есть - 0.734 (или 73.4 %).

Proven запасы можно таким образом определить на том основании, что все блоки этой категории будут иметь вероятности превышения борта истинными содержаниями выше установленного процентного уровня. Большинство из них, вероятно, будет находиться в наиболее плотно разведанных внутренних областях месторождения. Блоки с очень высокими дисперсиями кригинга и с вероятностью превышения BCOG их истинными содержаниями, меньшей чем установленный второй уровень, будут помещены в категорию Indicated ресурсов. Они находятся в редко опробованных областях и, как правило, близко к краям залежи, где присутствует краевой эффект. Запасы, лежащие между этими двумя уровнями вероятности будут рассматриваться как Probable Запасы. Royle предлагает также, что вычисления должны быть сделаны для диапазона бортов (BCOG), поскольку BCOG может изменяться для разных областей месторождения.

Diehl и David в 1982 г предложили более жесткое основание для классификации запасов (Таблица 2.1) чем используемое другими классификациями (например, USBM/USGS). Они определяют уровни неопределенности (достоверности) и точности (допустимой ошибки) в каждом случае. Последний уровень основан на относительном стандартном отклонении кригинга - σ_K / Z_K^* . Следовательно, если граница между Proven и Probable запасами взята как точность 10 % с 80%-ой доверительностью, тогда, мы имеем:

$$\text{Точность} = 10 = (\sigma_K * 100 * \mu_{0.8}) / Z_K^* \quad (2.2)$$

где $\mu_{0.8} = 1.282$ для стандартного нормального распределения (вероятность, $P = 0.80$). Следовательно:

$$\sigma_K / Z_K^* = 10 / (100 * 1.282) = 0.078$$

Если бы требовалась гарантия 95 %, то относительное стандартное отклонение кригинга, должно было бы быть 0.051 для руды, которая будет классифицирована как Proved запасы.

В настоящее время, нет никакого международного соглашения относительно того, какой доверительный уровень и точность соответствуют различным категориям ресурсов

и запасов и, таким образом, геостатистические определения еще редко используются на практике.

Далее рассматривается развитие рассмотренных выше методов добавлением информации о выходе керна при опробовании блока. Это дает возможность получить более полную оценку достоверности.

Предполагается, что во многих случаях потеря керна связана не только со случайными явлениями, местными непредсказуемыми геологическими условиями и с техническими проблемами бурения, но также и с пространственно управляемыми факторами. Они могут включать неравномерное развитие карста с глубиной или небольшое расстояние от тектонических нарушений, зон дробления, разную степень выветривания или окисления пород, а также другие причины. Таким образом, будет оправданным применить метод взвешивания обратными расстояниями к каждой пробе, чтобы получить взвешенный выход керна по блоку точно тем же самым способом, как это делается для содержаний компонентов. Может оказаться возможным даже рассчитать вариограмму этой переменной так, чтобы можно было использовать для ее оценки блочный кригинг.

Потенциально извлекаемые запасы содержатся в блоках, которые имеют содержания выше борта. Если потерянный керн будет иметь более высокие содержания, то истинные содержания блока будут все еще выше BCOG, и таким образом, будут оставаться потенциально экономическими. Неопределенность относится к тем блокам, где потерянный керн может иметь низкие содержания и где также низка точность оценки. Эта неопределенность увеличивается по мере снижения выхода керна.

Таким образом, предлагается, чтобы моделирование содержания, запасов металла и мощности рудных тел сопровождалось бы моделированием выхода керна, чтобы для каждого блока, мы имели средневзвешенный выход керна. Он будет хорошим индикатором оценки ресурсов/запасов.

Рисунок 2.3. представляет предлагаемую классификацию ресурсов, основанную на 80%-ом доверительном уровне оценки и при условии, что было выполнено технико-экономическое обоснование, в котором были идентифицированы подходящие методы добычи и переработки руды и определены связанные с ними экономические и технические параметры. Эта классификация объединяет метод Diehl и David (Табл. 2.1.) и оценку выхода керна в блоке (BCR), определяемую с помощью кригинга или метода обратных расстояний. В настоящее время, принятые границы выхода керна несколько произвольны, но они основаны на предположении, что, если средневзвешенный выход керна для блока меньше 80 %, то недопустимо назначать для этого блока категорию Proven. Точно так же, минерализация не должна быть помещена в любую категорию запасов, если выход керна меньше 60 %. Она должна быть помещена только в ресурсы. В этой системе бедный выход керна может быть возмещен высокой точностью или наоборот, хорошая точность может быть испорчена бедным выходом керна так, что блок, который был оценен с точностью 8 %, но чей BCR - только 85 %, будет перемещен из категории Proven в Probable.

Предложен еще один метод введения параметра выхода керна в систему классификации запасов. Он использует вычисление (с помощью кригинга) индикаторной переменной (граница - 90 %) выхода керна для каждого блока, а также относительного стандартного отклонения кригинга. Классификация, показанная на рисунке 2.4. объединяет эти два параметра. Диаграмма показывает, что блок с точностью определения содержания больше чем 10 % и меньше чем 20 %, оцененный по скважинам с выходом керна меньше чем 90%, должен быть помещен в категорию Proven. Эквивалентные границы для Probable запасов должны быть 20 % и 40 % (индикаторная переменная - 0.4).

Таблица 2.1. Классификация Ресурсов и Запасов Diehl и David (1982)

УСТАНОВЛЕННЫЕ	НЕИССЛЕДОВАННЫЕ

ДОКАЗАННЫЕ					
MEASURED		INDICATED (POSSIBLE)			
PROVED	PROBABL		INFERRED	ПРЕДПОЛАГАЕМЫЕ	СПЕКУЛЯТИВНЫЕ
±10%(1)	±20%(1)	±40%(1)	±80%(1)		
>80%(2)	60-80%(2)	40-60%(2)	20-40%(2)	10-20%(2)	<10%(2)
ЭКОНОМИЧЕСКИ ЗНАЧИМЫЕ РЕСУРСЫ					

(1) Точность

(2) Доверительная вероятность

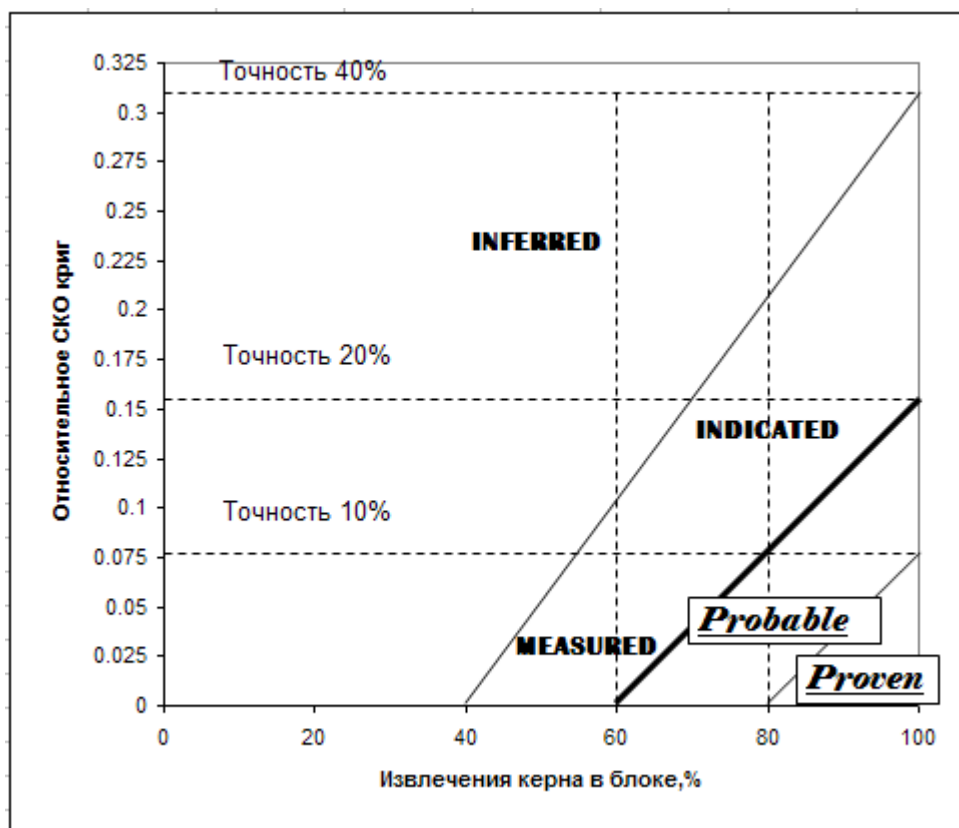


Рисунок 2.3. Классификация извлекаемых запасов, которая объединяет оценки выхода керна с относительным стандартным отклонением кригинга (σ_k / Z_k). Жирная линия – граница между ресурсами и запасами руды.

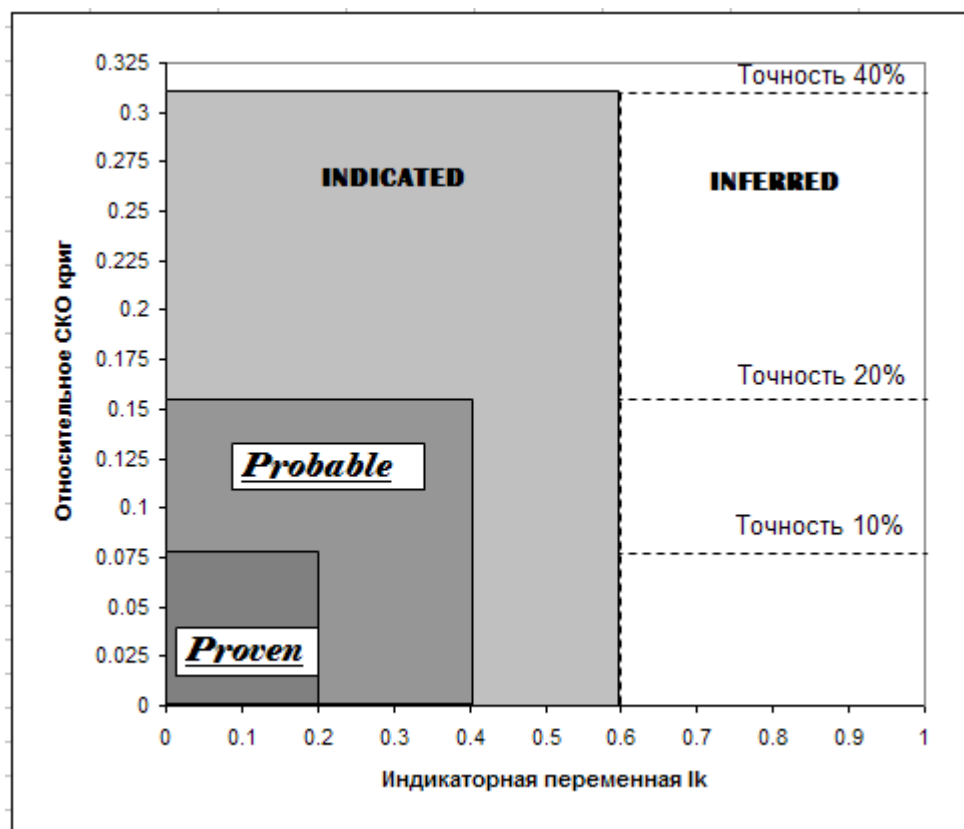


Рисунок 2.4.. Возможная классификация, использующая индикаторную переменную кригинга для выхода керна и относительное стандартное отклонение кригинга (σ_k / Z_k)

2.1.3. Развитие мировых стандартов сообщений о ресурсах/запасах [4]

Есть различные методы для того, чтобы превратить минеральные проекты в капитал, включая денежные средства акционеров, кредиты, правительственные гранты и т.д. Получение финансирования с помощью выпуска акций компании основано на документации, которая включает сообщения (отчеты) относительно минеральных запасов и ресурсов. Если такое сообщение не прозрачно и не последовательно, составлено туманно, тогда есть возможности для искажений и мошенничества. Скандал Bre-X и подобные искажения на фондовой бирже в 1997 являются все еще свежими в памяти корпоративных финансистов. Это особенно больно сказалось на развивающемся секторе геологоразведки в то время, когда он начал играть существенную роль в формировании ресурсов полезных ископаемых для крупнейших компаний горной промышленности.

Часть проблемы связана с чрезмерно запутанной терминологией, которая была и все еще применяется во многих сообщениях о минеральных запасах и ресурсах, а так же с отсутствием специальной международной структуры для того, чтобы получать минеральные пробы для проверки и подтверждения. Глобализация горнодобывающей промышленности требует общего языка для коммуникации и принятия решений, и все это вместе привело к потребности улучшить прозрачность и последовательность инвестиционной информации. Такая потребность требует создать ряд международных стандартов определений для геологических сообщений, которые должны стать минимальным стандартом для создания отчетов. И хотя такие определения никогда не будут панацеей, но они помогут сократить риск для инвестиционного сообщества.

История

Горнодобывающая промышленность давно признает потребность в международных стандартах, как способ улучшить коммуникации в пределах отрасли и с внешними заинтересованными сторонами. Первый национальный кодекс был создан в Австралии в 1971 г (JORC). В 1991, Society for Mining, Metallurgy and Exploration (SME) в США издало свой справочник для геологических сообщений и в том же году Institute of Mining and Metallurgy (IMM) в Великобритании также пересмотрел свои стандарты, в значительной степени основанные на Кодексе JORC. Однако, систематические усилия по развитию международных стандартов сообщений о геологической информации по полезным ископаемым и минеральным запасам начаты только в середине 1990-ых.

В 1994, на 15-ом Конгрессе CMMI в Южной Африке, был сформирован международный совет (Council of Mining and Metallurgical Institutes International Mineral Reserves Committee - CMMI IMRC), составленный из представителей Австралии (Australasian Institute of Mining and Metallurgy - AusIMM), Канады (Canadian Institute of Mining, Metallurgy and Petroleum - CIM), Южной Африки (South African Institute of Mining and Metallurgy - SAIMM), Великобритании (IMM) и Соединенных Штатов (SME). Первичная цель Совета CMMI IMRC состояла в том, чтобы разработать ряд международных определений для того, чтобы делать сообщения о полезных ископаемых и минеральных запасах.

В марте 1997 после скандала с Bre-X потребность в международном стандарте для геологических сообщений стала безотлагательной. Главное крупное достижение CMMI IMRC произошло в октябре 1997, когда пять участников CMMI (Австралия, ЮАР, Великобритания, Канада и США) встретились в Денвере (США) и достигли временного соглашения для определений двух главных категорий: минеральных ресурсов (resources) и минеральных запасов (reserves) и их соответствующих подкатегорий: measured, indicated и inferred для ресурсов и proved, probable для запасов (Рис. 2.5).

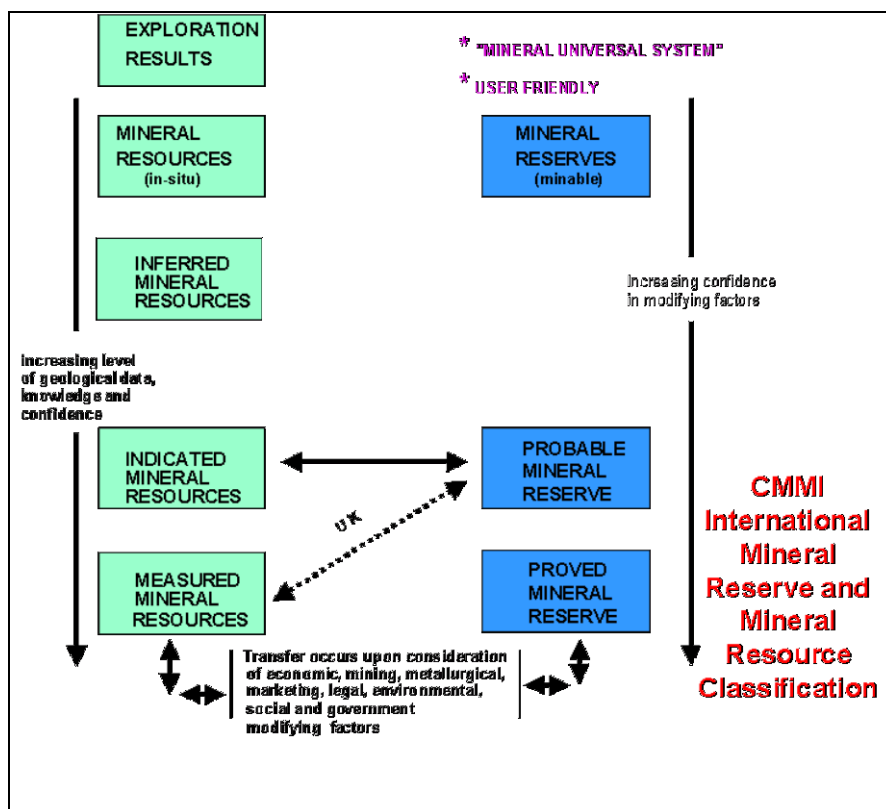


Рисунок 2.5. Первая международная классификация минеральных ресурсов, запасов (Денвер – 1997 г).

Одновременно, начиная с 1992, United Nations Commission for Europe (UN-ECE) разработала International Framework Classification for Mineral Reserves and Resources (Твердое Топливо и Минеральные Предметы потребления), (UNFC). После ряда симпозиумов и встреч рабочей группы, была согласована и подготовлена заключительная версия UNFC (UN-ECE Energy/WP.1/R.70, Женева, 1997), с временно согласованными и приложенными к ним определениями, переведенная на шесть основных языков, которая была распространена во всем мире для испытания и комментариев. К 1998 году из 43 стран и международных организаций, которые прислали свои отклики, 37 стран уже использовали UNFC или были в процессе подготовки к их применению, а некоторые страны адаптировали их для инвентаризации национальных минеральных запасов и ресурсов.

В Женеве в октябре 1998 между CMMI IMRC и Рабочей группой UN-ECE было достигнуто соглашение о принятии определений стандарта CMMI IMRC для сообщений о ресурсах и запасах, с незначительными модификациями UNFC для категорий, которые были общими в обеих системах. Рабочая группа UN-ECE предложила для простоты понимания и облегчения перевода на неанглийские языки уменьшить тогдашние временные определения CMMI до более коротких предложений. Это соглашение дало истинный международный статус определениям CMMI. В период между октябрем 1998 и ноябрем 1999, Целевая группа UN-ECE продолжала постоянные консультации с ее членами - участниками. Были проведены также специальные конференции в Бангкоке, (Таиланд) и Джакарте (Индонезия), чтобы позволить большему количеству стран понять и оценить систему UN-ECE Framework Classification. В конце ноября 1999 очередная конференция UNFC была проведена в Бразилии.

В январе 1999, в Канаде был издан заключительный отчет Mining Standards Task Force "Setting New Standards, Recommendations for Public Exploration and Mining Companies" Этот отчет включает набор основных стандартов и рекомендует, среди прочего, что CIM работают в этом направлении в контакте с другими международными учреждениями, связанными с горной промышленностью.

В ноябре 1999, CMMI IMRC снова организовал встречу с Целевой группой UN-ECE, чтобы продолжить процесс развития международных определений и руководящих принципов. Были согласованы и приняты следующие термины в определениях:

- mineral reserve,
- proved mineral reserve,
- probable mineral reserve,
- mineral resource,
- measured mineral resource,
- indicated mineral resource и
- inferred mineral resource.

Полные определения могут быть найдены на британском вебсайте Institution of Mining and Metallurgy. Они были включены, с незначительными модификациями в 1999 в Кодекс JORC в Австралии. UN-ECE также выражал интерес во включении раздела «Критерии Оценки» Кодекса JORC в состав UNFC. В то время как UNFC продолжает включать дополнительные определения для Reconnaissance (Разведанных) Mineral Resource, Pre-feasibility Mineral Resource, and Feasibility Mineral Resource, тем не менее, определения, предложенные CMMI IMRC, также будут использоваться во всем мире теми странами, которые подтвердили и используют систему Framework Classification UN-ECE.

В ноябре 1999 на встрече CMMI IMRC в Женеве, было признано, что появляющиеся в странах CMMI кодексы сообщений и руководящих принципов практически идентичны, поэтому было решено перейти к разработке Мирового Кодекса.

Это потребовало формулировки:

- международного определения Competent Person (Компетентного Специалиста), где ключевым фактором будет взаимосвязь его квалификации и опыта (см. Приложение 2),
- списка минимальных требований (профессиональных Кодексов Этики) для учреждений, готовящих Компетентных Специалистов,
- устава новой международной организации для оценки уровня профессиональных учреждений, подготавливающих Международных Компетентных Специалистов и наконец,
- самого Мирового кодекса сообщений и руководящих принципов.

Кодекс JORC сыграл решающую роль в развитии международных стандартов. С 1994, когда международная одиссея только начиналась, CMMI IMRC смог разработать международный стандарт сообщений о минеральных запасах и ресурсах, признаваемый во многих странах мира. Таким образом, к 2000 г была закончена первая часть этой трудной работы.

Создание единого Мирового Кодекса продолжается.

Современное состояние процесса

Комитет CRIRSCO, который был сформирован в 1994 под покровительством CMMI (Совет по Горной промышленности и Металлургии, расформированный в 2002), был до настоящего времени свободной группировкой восьми организаций-представителей, которые являются ответственными за создание кодексов и руководящих принципов сообщений о минеральных ресурсах в:

- Австралии (JORC),
- Чили (Национальный комитет),
- Канаде (CIM),
- ЮАР (SAMREC),
- США (SME),
- Великобритании (Национальный комитет) и
- Западной Европе (IGI & EFG).

Комитет CRIRSCO состоит из группы чрезвычайно опытных и бескорыстных добровольцев, которые до сих пор были способны управлять его делами ограниченным числом членов комитета при небольшой финансовой помощи от организаций-спонсоров.

Комитет CRIRSCO был учрежден, чтобы продвинуть на международный уровень лучшие образцы сообщений о результатах геологоразведки минеральных ресурсов и запасов, гарантируя при этом международную совместимость национальных кодексов и не ставя под угрозу местные законодательные требования. Эта деятельность оказалась успешной, и стандарты сообщений стран, представленных в CRIRSCO, на 90-95 % совместимы друг с другом.

Горнодобывающая промышленность становится в последние годы все более и более интернациональной, и потребность в надежном международном подходе ко многим проблемам сообщений о минеральных ресурсах и запасах никогда не была такой большой. В последние годы действия Комитета были очень активными, особенно в части обсуждений деталей взаимосвязи Кодекса и других международных стандартов с инспекторами и другими органами за пределами горнодобывающей промышленности, типа Организации Объединенных Наций и Международного Совета по Бухгалтерским Стандартам (IASB). В результате рабочая нагрузка Комитета существенно возросла, и в настоящее время осуществляется реорганизация CRIRSCO, чтобы гарантировать, что он правильно структурирован, имеет средства и необходимые мандаты, чтобы решать уже появившиеся и возможные будущие проблемы.

Международный шаблон Кодекса CRIRSCO, который представлен на сайте Комитета в середине 2006 года, предназначен, чтобы стать директивой для стран, которые только недавно начали разрабатывать их собственные стандарты. Он является также и отправной точкой для сравнения с другими системами международного сообщений, включая Классификацию Структуры Организации Объединенных Наций (UNFC) и Руководящие принципы Общества Нефтяных Инженеров (SPE). Понятно, что он не предназначен для замены существующих национальных стандартов сообщений.

По мере разработки или обновления каждый новый национальный стандарт рассматривается другими членами CRIRSCO в сотрудничестве с национальным комитетом, чтобы гарантировать, что он совместим с другими стандартами. Также важно, что усовершенствования, имеющиеся в новом национальном стандарте, могут быть встроены в Шаблон CRIRSCO. Этот круговой процесс сравнения с предыдущими стандартами и модернизацией Шаблона в соответствии с международным соглашением очень эффективен и гарантирует, что изменения будут сводиться к разумному минимуму и что самый последний вариант стандарта должен рассматриваться как 'лучший'.

UNFC был разработан UN Economic Commission for Europe (UNECE) в 1997 с целью создать единую глобальную систему для того, чтобы согласовать все существующие национальные и международные системы сообщения о ресурсах и запасах углеводородных и твердых полезных ископаемых, отвечающую полному спектру правительственных и коммерческих требований. В 1999 CRIRSCO достиг соглашения с UNECE, что определения CRIRSCO будут включены в UNFC для тех категорий ресурсов и запасов, которые связаны с рыночными сообщениями.

В 2003 был создан новый UNFC только для промышленности углеводородов, т.к. существуют серьезные различия в способах и терминологии сообщений о ресурсах и запасах между углеводородными и твердыми полезными ископаемыми. В этой связи CRIRSCO повторно встречался с UNECE и договорился, чтобы отредактировать определения и руководящие принципы, имеющиеся в Шаблоне CRIRSCO, чтобы они были совместимы с потребностями пользователей UNFC. Главная часть этой работы должна быть закончена в 2006 г.

Сейчас только немногие частные компании сообщают об их ресурсах и запасах, используя UNFC, однако эта система принята и проходит испытания (как основа для национальных сообщений) некоторыми правительствами, включая Россию, Китай и Индию. Причастность этих стран к будущему развитию горной промышленности и международных рынков не вызывает сомнений, поэтому CRIRSCO работает, чтобы последовательно продвигать использование и понимание определений и руководящих принципов Мирового Кодекса и в эти страны.

С 2005 года CRIRSCO начал обсуждения о взаимодействии с IASB, который разрабатывает новый Стандарт Бухгалтерского учета для Добывающих Отраслей промышленности, как часть международного Стандарта Финансового Сообщения (IFRS). В настоящее время IASB рассматривает существующие определения ресурсов и запасов для углеводородов и твердых полезных ископаемых. При этом приоритет пока имеет углеводородная промышленность.

Комитет IASB попросил CRIRSCO исследовать возможность конвергенции своих определений с терминами, принятыми в промышленности углеводорода, чтобы создать единые определения ресурсов и запасов для не технического (финансового) руководства.

'Правила', с помощью которых учитываются главные активы геологических и добывающих компаний, их ресурсы и запасы, например, в расчетах амортизации и истощения недр, очень важны для этих компаний. CRIRSCO полагает, что до общего принятия стандарта IFRS важно гарантировать, что он не принесет горной компании неудобств или не сделает неэффективными текущие национальные стандарты сообщений.

В результате обсуждений с UNECE и IASB, стало ясно, что сектора углеводородных и твердых полезных ископаемых - по существу то же самое, и поэтому определения ресурсов и запасов должны быть совместимыми.

CRIRSCO привлекал к таким обсуждениям все заинтересованные организации, чтобы продемонстрировать подобию и существенные различия между системами сообщений в этих двух отраслях промышленности. В результате был установлен контакт с SPE Oil and Gas Reserves Committee с целью исследования степени, до которой могла бы быть возможна конвергенция определений.

В последние годы Россия сделала ощутимые шаги для сближения своей классификации оценки минерального сырья с международной. Начинает формироваться «институт компетентных персон» (Приложение 3), проводится серия консультаций с международными организациями и т.п. Можно надеяться, что этот процесс не затянется надолго.

2.2. Основные принципы оценки рудных запасов [5]

В этом разделе будут рассмотрены несколько важных проблем, связанных с практикой оценки и управления рудными запасами, прежде всего в промышленно развитых странах Запада.

2.2.1. Критерии определения рудных запасов

Рудные запасы для одного управляющего или владельца - не обязательно то же самое что для другого. И количественные и качественные проблемы могут быть связаны с оценкой этих запасов.

С точки зрения анализа обесцененного потока наличности (DCF), как главного инструмента в горной экономике за прошлые 30 лет, стало обычным определять запасы руды как ту часть минеральных ресурсов, эксплуатация которых может принести максимальную чистую существующую ценность (NPV) или максимальное возвращение на инвестициях (IRR). Эти альтернативные финансовые измерения могут сами привести к различным рудным запасам. Максимальный NPV с обычной в промышленности учетной ставкой, вероятно, будет получен при большом тоннаже ресурсов с более низким средним содержанием, в то время как самая высокая внутренняя норма возвращения будет получена при короткой жизни рудника, добывающего только самые богатые руды с низкими инвестициями.

Обычно, если вычертить график зависимости NPV от добытого тоннажа или времени жизни рудника, то наклон восходящей кривой к максимальному NPV будет более крутым, чем наклон нисходящей кривой после него. Есть несколько причин, почему управление компании может предпочесть более длинную жизнь рудника максимальным NPV или IRR. Хорошие месторождения трудно найти, а акционеры любят такую компанию, которая остается в бизнесе достаточно долго, чтобы дать себе хороший шанс на замену истощенных запасов. Правительства же вообще имеют отрицательную реакцию на высокие требования горных компаний к содержанию металлов в руде и на оставление потенциально выгодных ресурсов в земле, недоступными для будущей эксплуатации.

По крайней мере, во время положительных фаз биржевого цикла инвесторы могут смотреть более благоприятно на компании с высоким ежегодным производством золота или других предметов потребления, чем на компании с более скромными показателями. Например, компании, производящие нескольких тонн золота в год, вероятно, будут более привлекательны для инвестиций, чем такие же, но с производством меньше тонны в год.

Это может стимулировать управление фирмы максимизировать ежегодное производство, что, вероятно, будет достигнуто, скорее понижением бортового содержания (БС) и поднятием производительности чем увеличением среднего содержания рудопотока.

В последние 20 - 30 лет было отмечено уменьшение рыночной цены большинства минеральных продуктов. В этих обстоятельствах главной целью и управления и

инвесторов стало достижение конкурентоспособных эксплуатационных расходов. Эта цель может быть совместима с получением максимальной нормы возвращения на инвестициях, но не всегда соответствует запасам, которые максимизируют NPV (в зависимости от учетной ставки, выбранной управлением).

Эти альтернативные количественные измерители могут быть подробно проанализированы после получения результатов оценки. Задача и ответственность менеджера команды оценки состоит в том, чтобы удостовериться, что корпоративное управление полностью понимает эти альтернативы прежде, чем запасы будут утверждены.

Для таких товаров, как железная руда, уголь и индустриальные полезные ископаемые проблемы маркетинга при определении запасов могут быть столь же важными, как и абсолютные экономические измерители. Желание регулярно продавать большую часть произведенной продукции и потребность максимально удовлетворять требования клиента могут привести к тому, что часть ресурсов, которые были объявлены запасами, не обязательно будут способны произвести самое высокое возвращение или NPV.

Социальные и экологические факторы все более и более становятся важными аргументами для оценки запасов. Отработка той части ресурсов, извлечение которых могло бы произвести лучшее экономическое возвращение, может вызвать максимальный экологический риск. Кроме того, затраты на социальные или экологические нужды не могут быть достоверно рассмотрены в качестве фактора процесса оценки запасов частично потому, что их величина часто недооценивается, а большая часть затрат часто возникает уже в конце срока службы рудника.

В последнее время в горнодобывающей промышленности все больше увеличивается акцент на понятии "Жизнеспособного Развития" (Sustainable Development), которое включает в себя все обязательства компании местному сообществу, которые являются фундаментальными условиями ее длительного существования, не только в области горной деятельности, но и во всех других областях. Эти проблемы могут воздействовать на оценку запасов до такой степени, что они могут противоречить количественным экономическим измерениям.

2.2.2. Качество оценки запасов руды

В разное время экономистами были проанализированы результаты работы наиболее крупных золотых рудников в США (1991 г), Канаде (1990 г) и Австралии (1998 г). В результате всех исследований оказалось, что подавляющее большинство компаний терпели серьезные неудачи, вплоть до банкротства, из-за плохой оценки рудных запасов.

Так в Австралии две трети из 35 исследованных рудников не достигли проектного объема производства в установленные сроки, и только два из них добились проектного извлечения золота.

Из 25 передовых канадских предприятий только три достигли ожидаемых проектных результатов. Главной причиной такой ситуации была плохая оценка запасов.

Подобное исследование 39 североамериканских золотых рудников обнаружило 20 из них, которые имели крупные проблемы из-за неудовлетворительной оценки рудных запасов.

Ясно, что экономические последствия серьезных ошибок в оценке запасов могут быть критическими. Так 10%-ая ошибка в оценке содержания довольно обычна, и часто расценивается как незначительная. Однако, если предположить, что даже для хорошего производства, издержки производства составляют от 50 % до 75 % дохода, то можно найти, что такое 10%-ое уменьшение содержания может привести к 20 % - 40%-ому уменьшению потока наличности. Это приводит к практическому снижению количества наличных денег и может вызвать отрицательный баланс, в зависимости от уровня обесценивания и амортизации. Такие результаты могут также сделать тяжело проходящий проект вообще нежизнеспособным.

Второе последствие серьезной ошибки – необходимость выполнения новой оценки, которая может привести к серьезному сокращению тоннажа запасов. Удельные затраты капитала в этом случае увеличивается до уровня, который может привести к существенным потерям и отрицательному возвращению на начальных инвестициях.

Еще одно серьезное последствие имеет отношение к юридической ответственности команды, производящей оценку запасов руды. В литературе пока не встречается информации о действиях акционеров против такой команды, кроме случаев явного мошенничества (типа проекта Busang). Однако всегда необходимо помнить, что компания, приобретающая проект или другую компанию, вполне может принять меры, если впоследствии находит, что были допущены серьезные ошибки в оценке запасов. Банки, которые обеспечивают финансы для развития нового проекта, не бывают доброжелательными ни к проектам, в которых обнаружены серьезные ошибки после начала добычи, ни к консультантам, которые выполняли оценку запасов.

Две причины обычно сопровождают некачественную оценку запасов руды. Это неправильная оценка содержания металлов в руде, а также параметров разубоживания и потерь.

Некоторые из факторов, приводящие к плохой оценке содержания:

- ненадежные и/или недостаточные данные;
- плохая геологическая интерпретация и переоценка возможностей компьютеров;
- несоответствующая методология оценки; и
- недостаточный контроль за оценкой запасов и отсутствие альтернативных оценок.

Некоторые из проблем, которые обычно вносят свой вклад в ошибки, связанные с горными работами:

- слишком большая вера в параметры разубоживания, полученные при геостатистической оценке ресурсов;
- недостаточный уровень инженерных решений в процессе проектирования горных работ; и
- неадекватные геомеханические, гидрогеологические и др. решения

Ошибки из-за факторов добычи имеют обычно большее значение для рудных запасов подземных рудников чем карьеров.

Некоторые из других факторов, которые обычно вносят свой вклад в плохие оценки рудных запасов, включают:

- недостаточный финансовый анализ;
- доверие к стабильному рынку и прогнозу цен; и
- чрезмерный оптимизм в прогнозах производственных показателей.

Качество баз данных

Методология опробования и его точность заметно улучшились за прошлые 10 - 20 лет. Исследования в области методов опробования, особенно в определении представительности и размера проб продолжают улучшать этот аспект работы, также как повышение уровня внешней экспертизы и контрольного опробования взятых образцов руд и пород.

Некоторые ключевые вопросы надежности баз данных:

- желание экономить деньги на разведку часто приводит к ненадежным данным;
- база данных должна рассматриваться и проверяться настолько часто, чтобы гарантировать ее корректность, оценить ее качество, актуальность и законченность;

- исходные данные должны собираться хорошо обученным персоналом с учетом будущего развития данного месторождения, то есть с пониманием тех характеристик, которые являются для него особенно важными; и
- результаты оценки ресурсов должны быть подробно проанализированы, чтобы определить, достаточно ли плотность данных опробования; в противном случае этот дефицит должен быть исправлен.

Геологическая интерпретация и оценка ресурсов

Геостатистические методы оценки ресурсов значительно улучшились за прошлые 15 - 25 лет, поскольку компьютеры, способные к математическому анализу громадных объемов информации, стали более мощными. Математические методы моделирования изменчивости содержаний в рудах, основанные на анализе неравномерно распределенных в пространстве точек данных, существенно улучшились и продолжают развиваться.

Лет 5 – 10 назад была обычной плохая оценка ресурсов горных проектов, когда компьютеру позволяли выполнять геологическую интерпретацию минерализации при небольшом или никакком вмешательстве геологов. Эта проблема была затем широко признана и исправлена. Сейчас компьютеры рассматриваются больше как мощное дополнение к интерпретации, проводимой геологами, чем альтернатива им.

Некоторые ключевые вопросы интерпретации и оценки запасов руды:

- гарантировать, что геологическая часть оценки является значащей и что в интерпретации она использована полностью;
- обеспечить, чтобы отбор возможных методологий оценки для любого месторождения производился геологами; и
- использовать больше чем один метод оценки и проверки; оценка должна производиться с использованием альтернативных методов настолько, насколько возможно.

Оценка запасов

Слишком часто в прошлом запасы оценивались без полного использования опыта всех дисциплин, способных внести свой вклад в качественную оценку. В особенности это означает дополнение геологической команды оценки горными инженерами и металлургами. Все больше и больше в эту деятельность начинают вовлекаться специалисты - экологи. Команда должна также включать людей, которые понимают товарные рынки, а процесс освоения запасов, начиная с его ранних стадий, должен включать экономический анализ.

Комбинация хорошей базы данных и ее эффективной обработки с помощью мощного программного обеспечения позволяет получить оптимальные рудные запасы, то есть определить максимально возможную ценность ресурсов. Это особенно важно для сложных полиметаллических рудных тел, где некоторые традиционно рассматриваемые комбинации содержаний и долей различных металлов могут оказаться невыгодными и отвергнутыми.

Процесс получения извлекаемых рудных запасов из ресурсов с помощью карьера часто упоминается как оптимизация, а ее эффективность сильно зависит от использования компьютеров. Возможности программного обеспечения, наиболее эффективное горное планирование и выбор оптимального соотношения металлов в случае отработки многокомпонентных руд также вносят свой вклад в улучшение оценки рудных запасов.

Оценка рудных запасов - интерактивный процесс, который переходит через все стадии планирования, проектирования и производства. В течение оценки это повторение высвечивает области, где данные должны быть перепроверены или дополнены. В процессе производства, анализ результатов оценки выдвинет на первый план возможное неподтверждение характеристик сырья и может вызвать необходимость изменения методики оценки.

Анализ причин ошибок оценки запасов и концентрация на развивающихся методах оценки выдвигает на первый план важность использования хорошо управляемых оценочных команд, которые включают всех необходимых технических специалистов.

2.2.3. Управление запасами в производстве. Контроль качества руды (Grade Control)

Оценка рудных запасов должна предсказать тоннаж и содержание в руде, которая идет в переработку, но часто бывает, что это не всегда подтверждается в процессе производства.

Как только начались горные работы, вскрытое рудное тело, вероятно, будет выглядеть похожим на то, которое было предсказано при интерпретации ресурсов и в геологической модели месторождения. Процесс, который определяет то, что реально идет на завод, называется контролем качества руды или grade control (GC).

Хороший GC зависит от тех же факторов, которые важны для правильной оценки ресурсов: данные должны быть адекватны, надежны и хорошо интерпретированы, что в контексте их практического использования должно принимать во внимание метод добычи.

На стадии контроля, данные опробования обычно имеют большую плотность. Поэтому оценка тоннажа и содержания по ним должна быть намного лучше, чем на стадии оценки ресурсов. Здесь для оценки все чаще используются вероятностные методы, например - геостатистическое Условное Моделирование (см. следующий раздел).

Огромное значение имеет регулярное сопоставление характеристик руды, которая реально была отправлена на фабрику, с рудой, которая ранее была оценена как ресурсы в массиве. На практике это приводит к необходимости оценивать тоннаж и содержания:

- на заводе;
- в забое при погрузке руды в грузовики;
- на пунктах контроля содержания рудопотоков рудника; и
- в обрабатываемых блоках руды в массиве по данным эксплуатационной разведки.

Сбор и анализ данных для сопоставления являются критическими в управлении качеством запасов руды в процессе производства. Если они должным образом собраны и проанализированы, то это должно улучшать непрерывный процесс оценки запасов. Очень важно понять причины изменений, а не просто принять их и применять коэффициент типа "Производственный Фактор" (Mine Call Factor) при будущем планировании. Иногда невозможно добиться большего, чем просто использовать такой коэффициент, то в этом случае потребители результатов оценки запасов, будь они внутри или снаружи компании, должны знать, что такой коэффициент использован и полученная ими оценка запасов включает его.

Изменения в финансовой окружающей среде, (например, размеры лицензионного платежа или налоговых ставок) будут воздействовать на оценку запасов в течение производственной фазы, но самые существенные изменения в запасах обычно связано с колебаниями цены товара. Запасы ранее могли быть определены для цены, которая намного выше сегодняшней цены, но это обстоятельство далеко не всегда приводит к немедленной переоценке запасов, поскольку часто проходит значительное время прежде, чем будет проанализированы последствия колебания цен. Ясно, что рудные запасы не могут быть изменены каждый раз, когда цена металлов несколько повышается или снижается. Много компаний используют предположение, что запасы были определены на основе долгосрочного ценового прогноза и не должны изменяться из-за обычных краткосрочных колебаний цены. С другой стороны, если на производство с истощающимися запасами воздействует падение цен, то отказ от выполнения своевременной экспертизы этого воздействия на запасы может означать, что руководство компании работает с нарушением своих обязанностей перед акционерами.

Коммуникации и отчеты

Австралазиатский стандарт создания отчетов (или Кодекс JORC) продолжает совершенствоваться. Или он или его модификации других стандартов, на которые влияет JORC, все более и более используются глобально (см. раздел 2.1).

Некоторые из усовершенствований последних редакций Кодекса:

- увеличение акцента на экономике при оценке ресурсов;
- увеличивающийся акцент на "поправочных коэффициентах (modifying factors)" важных для оценки запасов;
- как следствие, признание, что Measured Ресурсы автоматически не преобразовываются в Proved Запасы. Если существует относительно более низкий уровень доверия к одному или нескольким поправочным коэффициентам, то эти ресурсы могут преобразоваться только в Probable Запасы;
- расширен и улучшен список критериев, которые должны быть учтены и рассмотрены при оценке ресурсов/запасов.

Клиентура, которая заинтересована в повышении достоверности оценки рудных запасов, расширяется. Не так давно оценка была в значительной степени интересна только производственному и корпоративному управлению и, в меньшей степени, акционерам и их представителям, включая биржевых аналитиков. Сегодня же требования сделать оценку ресурсов и запасов не только более надежной, но и более понятной и более дружелюбной для пользователя все более и более исходит от финансовых сообществ, а также от поставщиков кредитов и ценных бумаг (активов).

Несмотря на усовершенствования Кодекса JORC, заинтересованная часть финансового сообщества хотела бы видеть большее раскрытие информации, особенно касающейся чувствительности оценок к ценовым колебаниям и к результатам анализа сопоставлений в процессе производства. Но иногда предоставляемая по требованию акционеров, кредиторов и др. дополнительная информация может вводить их в заблуждение. Например, результаты анализа сопоставления для руды из окисленной зоны имеют небольшую ценность для будущего, когда рудник перейдет к отработке первичной руды.

Следование концепции Жизнеспособного Развития (Sustainable Development) может привести к увеличению числа критериев, которые должны быть приняты во внимание при оценке ресурсов и запасов, а также к требованию максимального раскрытия информации, например - результатов исследований извлечения попутных металлов в полиметаллических рудных телах.

Множество причин настоятельно требуют повышения детальности и качества оценки ресурсе и запасов и, как следствие, большей ответственности оценщиков.

Они включают:

- увеличение многообразия используемой информации, методов ее получения и сложности самих процессов оценки;
- потребность рассматривать гораздо более широкий диапазон проблем, а не только тех, которые измеряются количественно;
- потребность привлекать к оценке команду опытных профессионалов разнообразных специальностей и эффективно управлять ею;
- расширение круга потребителей результатов оценки, необходимость понимать их потребности и соответственно общаться с ними;
- необходимость оперативно оценивать воздействие изменений в экономическом окружении и производстве на оценку запасов, а также важность быстрых и понятных сообщений о последствиях таких изменений пользователям информации о запасах.

Подводя итог, следует сказать, что оценка рудных запасов – это не просто получение максимального NPV или возвращения на инвестициях, она также преследует и другие важные количественные и качественные корпоративные цели.

Ошибки в оценках запасов остаются главным источником экономических провалов в горнодобывающей промышленности. Однако процессы, которые вносят свой вклад в повышение качества оценки, продолжают развиваться. Компьютерный анализ позволяет определять оптимальные экономические запасы в пределах данной минерализованной области, особенно для сложных руд и для тех ресурсов, экономическая ценность которых в значительной степени связана с маркетингом. Однако, до сих пор наиболее трудно поддается улучшению главный источник ошибок в оценках запасов, связанный с интерполяцией содержаний. Если исключить (из-за чрезмерных затрат) возможность решения этой проблемы за счет увеличения плотности разведочных данных, то избежать грубых ошибок можно только путем внимательного и всестороннего учета всех аспектов оценки.

Процесс управления рудными запасами в процессе горных работ требует эффективного анализа результатов производства, внимания к изменениям в экономическом окружении, частого и понятного общения со всеми потребителями оценки запасов и признания, что управление процессом оценки рудных запасов - фундаментальная и очень важная часть бизнеса горной компании.

2.3. Условное моделирование

2.3.1. Геоestatистическое условное моделирование

Метод Условного Моделирования (Имитации) появился в начале 1970 г, как развитие более традиционного метода интерполяции - кригинга для оценки природных явлений. Он был реализован как альтернатива интерполяционным методам, из-за их способности в ряде случаев чрезмерно сглаживать значения оцениваемой переменной, что было неприемлемо во многих ситуациях.

В практике существуют 2 типа задач, решаемых на модели месторождения. Первый тип преследует цель возможно точной оценки средних содержаний в точках или ячейках массива, и главный инструмент здесь - кригинг. Второй тип используется тогда, когда главная задача - определить характер изменчивости массива и спрогнозировать возможные колебания качества руды при работе горного предприятия. Точная оценка средних содержаний при этом часто не требуется. В данном случае используется метод условного моделирования.

Если для решения этой задачи использовать модель, полученную с помощью кригинга, то мы будем иметь заниженную дисперсию из-за сглаживающей способности кригинга [3]. Таким образом, для решения данного класса проблем необходимо располагать моделью месторождений, дающей несмещенную оценку дисперсии содержаний в блоках.

Одна из задач этого типа - моделирование процессов отработки месторождения с целью получения информации об изменчивости качества руды, поставляемой на обогатительную фабрику. При очень плотной сети опробования дисперсия оценки кригинга будет очень маленькой, а дисперсия реальных содержаний будет почти соответствовать дисперсии оценок кригинга. В этом случае для моделирования процессов отработки можно вполне пользоваться оценками кригинга.

Однако, в реальной действительности (особенно на ранних стадиях освоения месторождения, например, при проектировании рудника или шахты) размер сети опробования, по которой создается блочная модель рудного тела, намного превышает

размер элементарной ячейки модели, в результате чего дисперсия кригинга (а следовательно и его сглаживание) получается достаточно высокой. Следовательно, рассчитать по такой модели реальную картину изменчивости рудопотоков можно лишь с очень большим приближением.

Можно использовать технологию условного моделирования и для оценки риска при проектировании и планировании горных работ на данном месторождении (см. 2.3.6). Здесь идея заключается в многократном повторении процесса моделирования участка массива и получении набора вариантов моделей, отличающихся значениями оценок содержаний блоков, но имеющих одинаковую структуру изменчивости. На этих моделях затем имитируется процесс отработки данного участка и получается множество возможных моделей рудопотоков с различными статистическими параметрами. По ширине зоны возможных колебаний уровня качества конечного рудопотока оценивается риск от неподтверждения геологической информации при отработке месторождения.

2.3.2. Условные модели

Детальное рассмотрение теории Условного Моделирования остается за рамками данной книги. Рассмотрим достаточно простой пример.

Предположим, что мы имеем множество проб $Y(X_a)$ в известных точках X_a , со средним содержанием $E[Y(X_a)] = m$. Смоделируем значения переменной во всех точках X исследуемого пространства и получим множество оценок $Z(X)$, которое имеет то же статистическое распределение, что множество реальных проб $Y(X_a)$.

Условность моделирования заключается в том, что модельные значения содержаний в точках опробования X_a принимаются равными значениям реальных проб, т.е. $Z(X_a) = Y(X_a)$. Выполним оценивание всех точек пространства кригингом и получим множество оценок $Y^*(X)$, которые в точках опробования принимают значения $Y(X_a)$, т.е. $Y^*(X_a) = Y(X_a)$.

Выполним еще раз операцию кригинга, взяв в качестве исходных данных опробования в точках X_a - смоделированные ранее значения $Z(X_a)$. Получим новое множество оценок - $Z^*(X)$.

Теперь мы имеем 3 множества значений $Z(X)$, $Y^*(X)$ и $Z^*(X)$. Так как кригинг обладает свойством точной интерполяции [3], то справедливы равенства $Z^*(X_a) = Z(X_a)$ и $Y^*(X_a) = Y(X_a)$. Мы можем определить значение содержания в каждой точке пространства по функции

$$Z_s(X) = Y^*(X) + [Z(X) - Z^*(X)],$$

которая обеспечивает требования условности $Z_s(X_a) = Y(X_a)$, т.к.

$$Z^*(X_a) = Z(X_a) \text{ и } Y^*(X_a) = Y(X_a).$$

За счет "довеска" $[Z(X) - Z^*(X)]$ получается дополнительный разброс $Z_s(X)$ по сравнению с $Y^*(X)$, который дает дисперсию, близкую к реальной.

Далее имеем $E(Z_s(X)) = m$, т.к. $E(Y^*(X)) = m$, $E[Z(X) - Z^*(X)] = 0$ и величины Y и Z некоррелированы. Вариограмма полученной новой функции равна вариограмме $Y(X_a)$.

Процесс условного моделирования может быть реализован по схеме, изображенной на рис. 2.6.

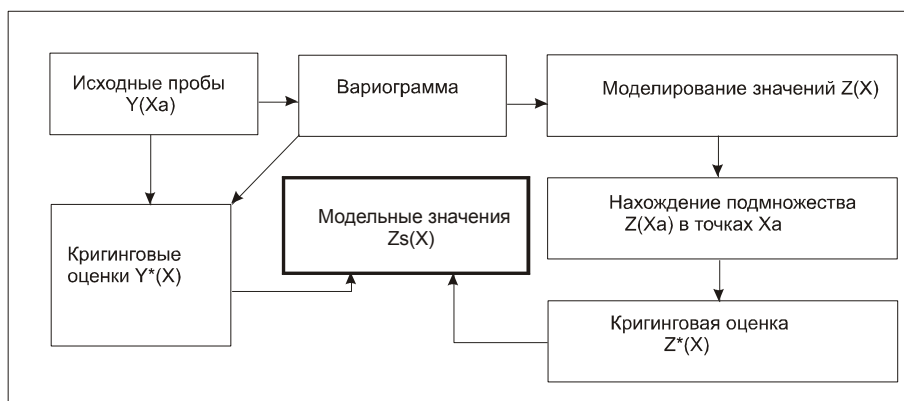


Рисунок 2.6. Алгоритм условного моделирования

Во многих науках, где концептуальная или математическая сложность мешает развитию детерминистического подхода к анализу риска, используется компьютерное моделирование для эффективных эмпирических решений проблемы. В развитии геостатистических методов оценки запасов метод Условного Моделирования (УМ) был введен для создания альтернативного моделирования рудных тел, точно отражающего характер изменчивости и неопределенности массива, что недоступно в методах оценки, построенных на ограниченных данных опробования.

Метод УМ существует уже более 15 лет, но его сложные реализации на компьютерах препятствовали его распространению в горной промышленности. Однако, с ростом мощности компьютеров и возрастанием числа используемых методов оценки запасов на УМ стали обращать больше внимания.

Основным источником риска в оценке запасов чаще всего является неопределенность в геологической интерпретации объекта (т.е. в определении геологических структур, непрерывности минерализации и т.п.) в неопробованных районах месторождения. Обычно эти определения носят качественную природу, и риск от неправильной или не совсем точной интерпретации геологии объекта редко может быть оценен количественно. Однако, если данная интерпретация принята, как лучшая модель объекта большинством экспертов, то всегда существуют достаточно много других источников ошибок в статистической оценке содержаний внутри принятой модели. Речь идет об ошибках, которые могут и должны быть учтены при оценке запасов.

Используемые на практике методы оценки запасов ориентированы главным образом на оценку среднего значения величины, а не на измерение характера ее изменчивости. Из всех традиционных методов только Кригинг позволяет определить погрешность оценки (остальные методы рассчитывают только значение показателя в данной точке путем интерполяции), что является основным преимуществом геостатистических методов.

Для решения вопросов, связанных с оценкой неподтверждения геологической информации используется несколько подходов, которые не дают достаточно надежных результатов. Однако в большинстве случаев, когда требуется полный анализ возможных ситуаций, наиболее практично использовать условное моделирование, а не теоретические вычисления. При осуществлении горного планирования может показаться, что классический анализ Монте-Карло (имитационное моделирование) дает удовлетворительные результаты. Например, мы имеем оценки содержаний для каждого блока и распределение частот для некоторых случаев, определяющее вероятность извлечения блока с требуемым содержанием. Чтобы оценить шанс (для примера) выбора 10 блоков месячной добычи, имеющих среднее содержание выше заданного борта, мы можем смоделировать выбор этих 10 блоков тысячами различных комбинаций. Определением среднего содержания для каждой комбинации из 10 блоков

мы можем подсчитать число удачных исходов, а, следовательно, рассчитать требуемую вероятность.

Однако, метод Монте-Карло ограничивает вышеперечисленные условия расчета требованием независимости моделируемых величин, что неприемлемо для пространственной непрерывности реальных блоков.

Для примера, если первые 2 блока в последовательности оказываются смежными, то нереалистично представлять себе ситуацию, когда первый блок имеет очень высокое содержание, а второй - очень низкое. Хотя этот подход может быть уточнен, чтобы учитывать реальные общие вероятности и ковариации, но он также становится непрактичным, как и другие теоретические методы.

Моделирование, в свою очередь, способно учитывать концепцию пространственной непрерывности блочных содержаний. Геостатистический метод УМ в частности дает возможное решение этой проблемы.

Полученная с помощью УМ цифровая модель рудного тела обычно представлена на очень детальной регулярной пространственной решетке. Главное свойство такой модели то, что она отражает всю известную информацию о рудном теле в понятиях статистических распределений пространственной изменчивости содержаний, полученных по первичным данным опробования. Кроме того, она имеет фактические значения исследуемой переменной в опробованных точках и эффективно заполняет пробелы в информации моделируемыми значениями, которые наиболее вероятны в неопробованных точках. Повторение процесса моделирования может изменить значения в точках модели, но каждый раз будет получена одинаково возможная модель реальности.

Следующие свойства модели, полученной методом УМ, позволяют использовать ее для оценки запасов и горного планирования:

- наличие детальной информации, размещенной на регулярной пространственной сети, дающее практически полное знание моделируемого рудного тела или месторождения;

- возможность многократного повторения моделирования для получения равных по возможности представлений реального объекта.

Первое свойство обеспечивает инструмент для проверки (моделирования) многих процессов, связанных с опробованием, оценкой и планированием отработки новых рудных тел или выемочных блоков, а второе - обеспечивает эмпирическое развитие анализа устойчивости (риска) для этих процедур.

Многие применения были опробованы и проверены в первые годы развития УМ. Однако, серьезные требования к ЭВМ со стороны УМ в первый период его использования ограничили распространение этого метода на практике.

В это время УМ получило большое развитие в таких областях, как нефтяная промышленность и экология, где на эту тему было опубликовано много статей. Однако, с возрастанием мощности компьютеров и развитием теории моделирования, метод сейчас получает больше внимания и со стороны горняков, в т.ч. и для оценки риска.

2.3.3. Экспериментальная оценка изменчивости рудопотока на обогатительную фабрику.

Возможность моделирования характеристик руды по регулярной сетке с малым шагом позволяет впоследствии имитировать формирование из этих ячеек рудопотоков, поступающих из карьера или шахты на обогатительную фабрику. Целью этих операций является оценка влияния размеров оборудования и последовательности извлечения запасов на изменчивость качества руды, поставляемой на переработку. Условное моделирование здесь используется для генерирования возможных характеристик руды,

например, в ежедневных объемах добычи одного забоя. Затем эти смоделированные значения объединяются в цепочки рудопотоков для заданного периода времени.

Ниже рассмотрен пример карьера, разрабатывающего медно-порфиритовое месторождение. Высота уступа 12 м, а опробование руды на содержание меди ведется по шламу буровзрывных скважин на всю мощность уступа. Распределение меди по данным геологоразведки - логнормальное со средним - 0.51 % и коэффициентом вариации - 95%.

Рассматривались 2 варианта используемого оборудования:

-2 экскаватора с ковшом емкостью 8 куб м каждый, работающих на 2-х разных уступах одновременно;

-1 экскаватор с ковшом емкостью 15 куб м, работающий на одном уступе.

В первом случае ежедневно отрабатывается 2 блока размерами 15x7.5x12 м на двух горизонтах, а во втором случае отрабатывается один блок размерами 15x15x12 м. Так как значения содержаний в последовательности смежных блоков коррелированы, то можно ожидать большей изменчивости в рудопотоке большого экскаватора. Чтобы оценить эти предположения количественно, было выполнено моделирование уступных содержаний меди по регулярной сетке 7.5x7.5 м. После этого моделировался рудопоток для 2-х указанных вариантов.

В первом случае за однодневную порцию принималось среднее значение 2-х смежных ячеек модели, во втором - среднее значение квадратного блока, состоящего из 4-х ячеек.

Выемка руды имитировалась из взорванных блоков, средние размеры которых 90x15x12 м. Анализировались ежедневные значения содержаний меди в рудопотоке на фабрику в течение 10 недель.

Сначала изучалось влияние параметров вариограммной модели на изменчивость рудопотока, получаемого от одного маленького экскаватора, табл.2.2.

Таблица 2.2 Влияние параметров вариограммы на изменчивость рудопотока		
Доля эффекта самородка в пороге вариограммы, %	Среднее содержание меди в рудопотоке за 10 недель, %	Стандартное отклонение
0	48	20
20	34	22
50	37	27
100	45	31

Из таблицы видно, что с увеличением эффекта самородка вариограммной модели возрастает и изменчивость поставляемой на фабрику руды. Кстати, при подобных расчетах с использованием кригинговой модели можно закономерно получить обратный результат т.к. с ростом C_0 увеличивается сглаживающее влияние кригинга.

Во второй части работы использовалась изотропная вариограммная - сферическая модель с эффектом самородка, равным 20% от порога и зоной 90 м. Сначала моделировалась раздельная работа двух маленьких экскаваторов (Н8), т.к. они работают раздельно на 2-х уступах, то корреляция между отгружаемой ими рудой практически отсутствует. Затем моделировался суммарный рудопоток для этих же 2-х экскаваторов и, наконец, исследовалась работа одного большого экскаватора (Ш5).

Оценка изменчивости содержаний в рудопотоке делалась или по стандартному отклонению, или по количеству выходов среднесуточных содержаний за пределы зоны шириной $\pm 0.33m$, где m - среднее содержание рудопотока за 10 недель. Результаты расчетов приведены таблице 2.3.

Таблица 2.3. Влияние типа оборудования на изменчивость рудопотока

Тип забоя	Среднее содержание, %	Ст. отклонение	Число выходов из стандарта
H8(1)	34	22	23
H8(2)	52	23	27
H8(1)+H8(2)	43	14	10
H15	47	22	25

Таблица показывает, что работа небольших экскаваторов гораздо более эффективна с точки зрения получения однородного рудопотока на обогатительную фабрику.

2.3.4. Условное моделирование в системе Датамайн

Условное моделирование - важная часть управления риском, и хотя ему более чем 30 лет, потребовалось долгое время, чтобы оно стало доступным для широкого использования, а не только для высококвалифицированных консультантов или ученых. Главные причины этого:

- Доступность подходящего программного обеспечения, которое не требует для использования серьезных знаний компьютеров и геостатистической теории.
- Многие программы очень хорошо создают матрицу условно моделируемых точек, но это само по себе не дает большого практического эффекта. Гораздо важнее располагать удобной специализированной программой, чтобы анализировать и интерпретировать результаты.
- Даже при сегодняшней скорости компьютеров, моделирование может быть трудоёмким процессом. Поэтому важно располагать мощным и удобным программным обеспечением, которое позволит получать достоверные проектные решения.

Система Датамайн предоставляет пользователям Модуль геостатистического УМ, который позволяет реализовать алгоритм, показанный на рис. 2.7.

Есть много методов моделирования, включая самое популярное - Последовательное Гауссовское Моделирование, которое было включено в SGSIM - основную команду указанного модуля Datamine. Две других подпрограммы для преобразования данных к Гауссовскому распределению и обратно также были включены в модуль в виде команд NSCORE и BACKTR соответственно.

Создание сетки моделируемых точек - только первая стадия процесса Условного Моделирования. Возможности преобразования данных Datamine и команды манипуляции данными обеспечивают мощные инструменты для того, чтобы анализировать и интерпретировать моделируемые содержания компонентов в руде. Кроме того, две дополнительных команды были включены в состав модуля Условного Моделирования, которые специально предназначены для обработки результатов моделирования. Команда CSMODEL обеспечивает детальный статистический анализ условных распределений смоделированных ячеек модели, позволяя задавать доверительные интервалы, и команда CSOWOPT, которая оптимизирует выбор рудных и породных блоков модели и минимизирует потери из-за ошибочной классификации «руда – порода» и поэтому является особенно полезной для управления качеством руды.

Важная часть любого моделирования (имитации) - это гарантия того, что статистические параметры, распределения и пространственная корреляция моделируемых точек соответствуют реальным данным опробования. Чтобы легко достичь этого, были модернизированы два статистических процесса, DECLUST и QUANTILE, а два новых процесса, CHART и PPQQPLOT, были добавлены к Ядру системы. Они позволяют легкое создание таблиц для проверки достоверности моделей и выполнение чертежей, включая гистограммы и кумулятивные гистограммы в нормальном и логарифмическом масштабах, вероятностные и лог- вероятностные чертежи, а также Q-Q и P-P диаграммы.

Диаграмма P-P – это сравнительный график кумулятивной вероятности двух множеств данных для серии бортовых содержаний. Если эти множества имеют близкое распределение, т.е. – однородны, то точки графика должны ложиться близко к линии, проходящей от начала координат под углом 45 градусов.

Диаграмма Q-Q – это сравнительный график квантилей двух множеств данных, где квантиль – это подмножество (или %) точек с характеристикой ниже данной величины. Для примера квантиль 0.2 (или 20%) – это одна пятая часть ранжированного ряда точек. Если эти множества имеют близкое распределение, т.е. – однородны, то точки графика должны ложиться близко к линии, проходящей от начала координат под углом 45 градусов.

Диаграмма Q-Q похожа на вероятностную диаграмму, где квантили данных опробования заменены квантилями теоретического распределения.

Пять основных процессов Условного Моделирования в системе Датамайн приведены ниже.

- **NSCORE**- Преобразует исходные данные опробования к нормальному распределению или к распределению, заданному пользователем.
- **BACKTR**- Выполняет обратную трансформацию данных от нормального (или другого) распределения
- **SGSIM** - Создает регулярную сеть имитируемых точек, используя последовательный метод Гаусса.
- **CSMODEL**- Создает блочную модель, которая использует статистические параметры и данные тоннажа/содержания из сети имитируемых точек
- **CSOWOPT**- Идентифицирует рудные и породные блоки в имитационной модели путем минимизации затрат на ошибочную классификацию руды как породы и породы как руды.

Некоторые примеры выходной информации процессов CHART и PPQQPLOT показаны на рис. 2.8. Процессы используют возможности Datamine, чтобы создавать графики, которые могут быть показаны в специальном графическом окне программы. Оба процесса также создают выходной файл, который может быть экспортирован в Excel или другую программу для использования в презентациях.

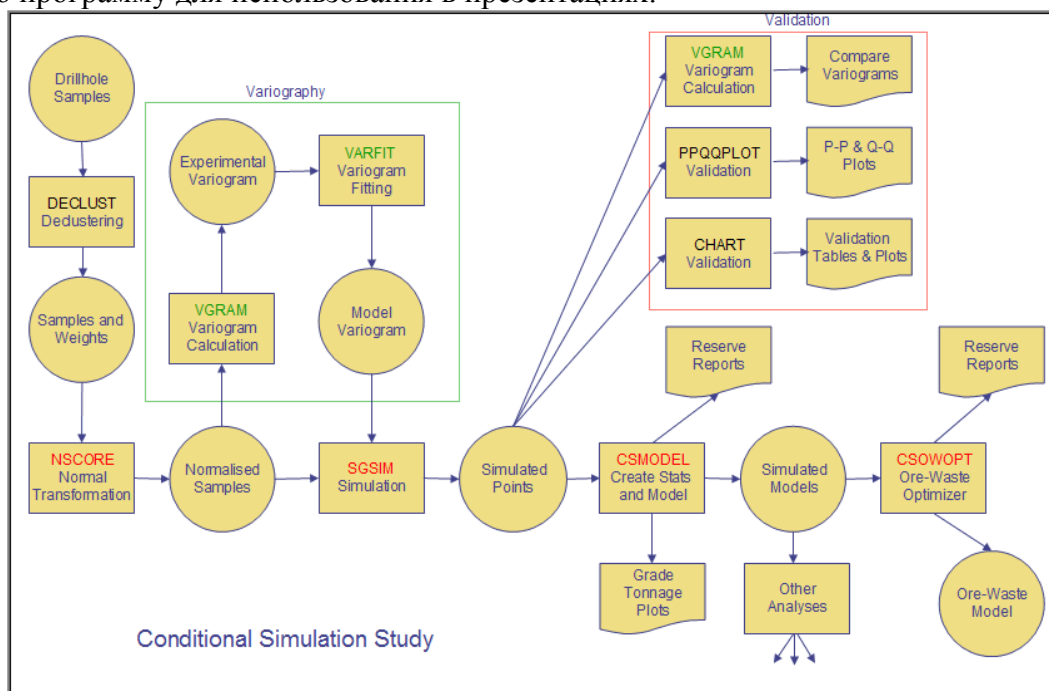


Рисунок 2.7. Алгоритм УМ в системе Датамайн.

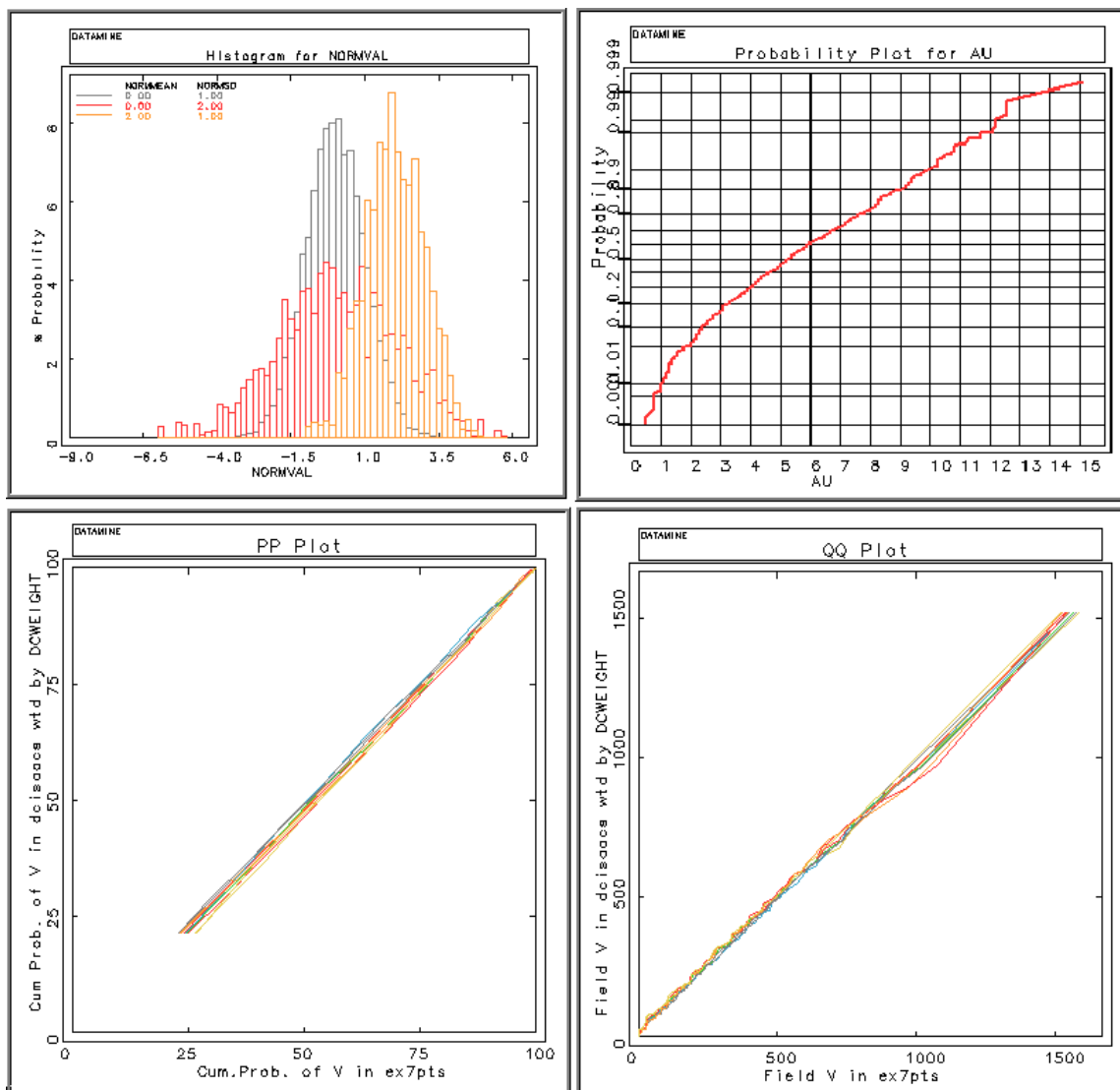


Рис. 2.8. Примеры графиков программ CHART и PPQQPLOT системы Датамайн

2.3.5. Пример использования УМ для анализа проектного риска [6]

Все минеральные месторождения имеют присущий им компонент дисперсии в распределении содержания. В зависимости от типа месторождения степень изменчивости в содержаниях относительно увеличивается или уменьшается. Зона влияния вариограмм становится короче, а эффект самородка становится больше при более низкой непрерывности месторождения и более высокой изменчивости свойств руды.

Ниже приведен простой пример, иллюстрирующий различие между интерполяцией кригингом и условным моделированием, выполненный по данным опробования скважин БВР на одном из рудников штата Невада (США).

Рисунок 2.9 показывает расположение скважин БВР на уступе, более высокие содержания находятся на севере, отмечен общий СЗ тренд. Отметьте, что скважины с низкими содержаниями чередуются с очень богатыми участками.

Первый шаг в любой оценке ресурсов - исследование качества исходных данных (опробование и анализы) и основных статистик содержаний элементов. Много информации может быть получено о месторождении простым исследованием гистограммы и кумулятивной функции распределения (CDF) переменной содержания.

Прежде всего, распределение содержания золота с коэффициентами вариации больше чем 2.0 требуют специальной техники интерполяции, типа индикаторного кригинга. Обычно должно применяться хорошее эмпирическое правило - разделение всей популяции (по геологическим признакам) на классы до тех пор пока коэффициент вариации (CV) не будет находится в пределах диапазона 1.0 - 2.0.

Рисунок 2.10 представляет гистограмму для рассматриваемых скважин БВР. Так как для них CV равен 1.101, то данные вполне могут быть обработаны обычным кригингом (ОК). Гистограмма представляет положительно скошенное распределение содержаний, близкое к логнормальному. Отметьте, что хвост распределения для высоких содержаний не гладкий.

Диаграмма CDF (рис. 2.10) показывает, что больше чем одна популяция присутствует в рассматриваемом массиве данных, что демонстрируется изгибом графика на участке с содержаниями золота около 0.035 у/т (унций на тонну). Логнормальное распределение можно представить на этом графике прямой линией (логнормальное распределение с 2-мя параметрами) или как прямую с кривой в конце с низкими содержаниями (логнормальное распределение с 3-мя параметрами).

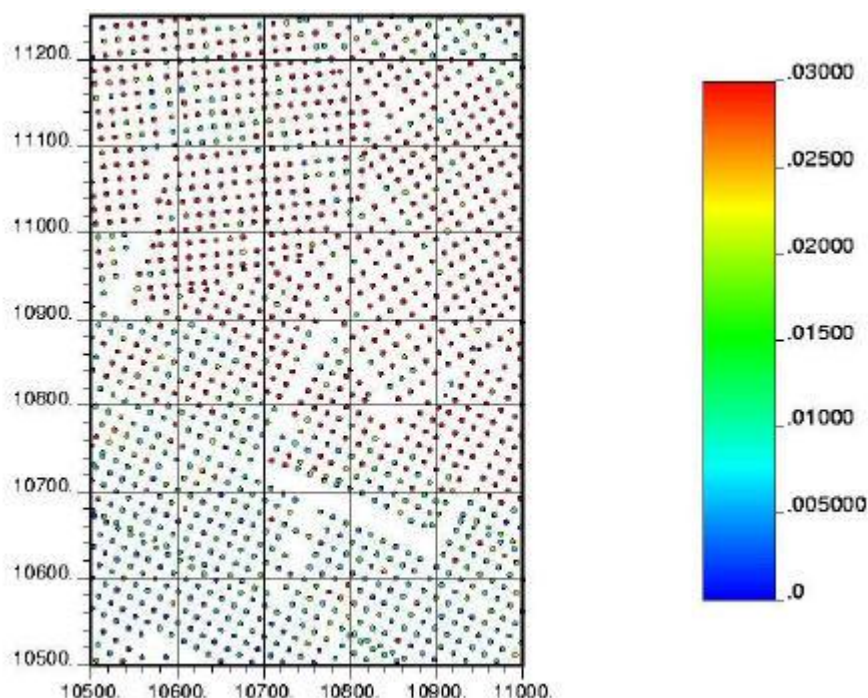


Рисунок 2.9. Расположение скважин БВР на уступе (справа показана цветная шкала классов содержаний Au) .

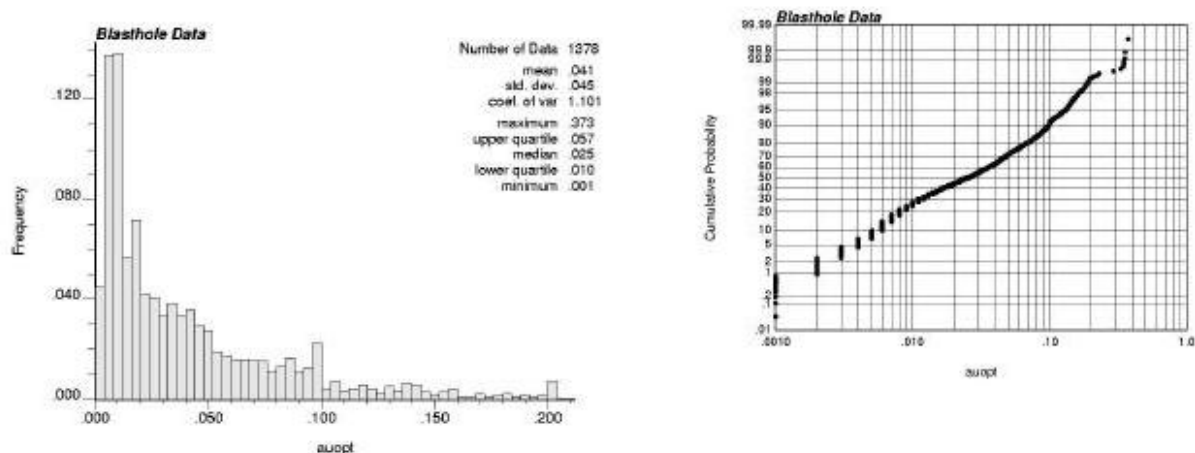


Рисунок 2.10. Гистограмма содержания Золота и Кумулятивная функция распределения (CDF) для скважин БВР

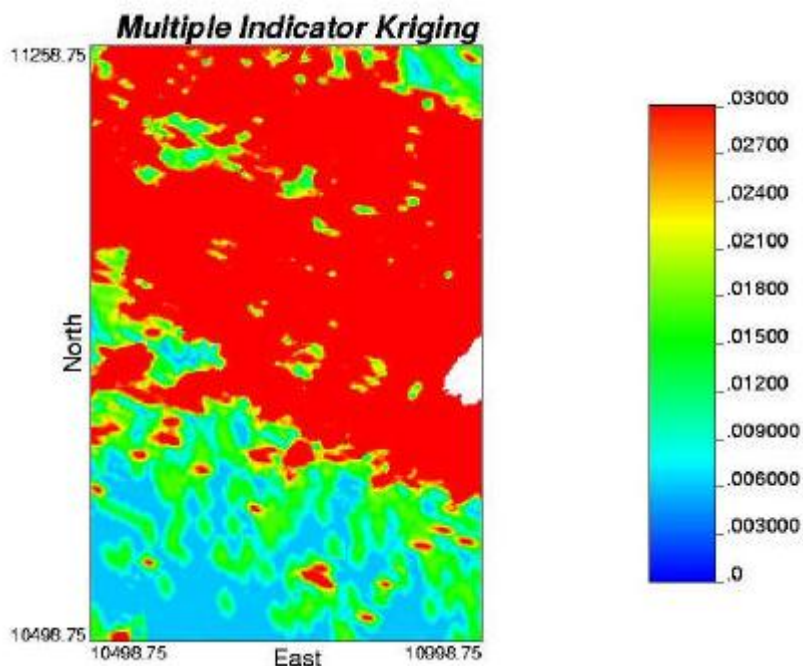


Рисунок 2.11. Содержания золота в блоках 2.5 x 2.5 м, рассчитанные многомерным индикаторным кригингом (MIK).

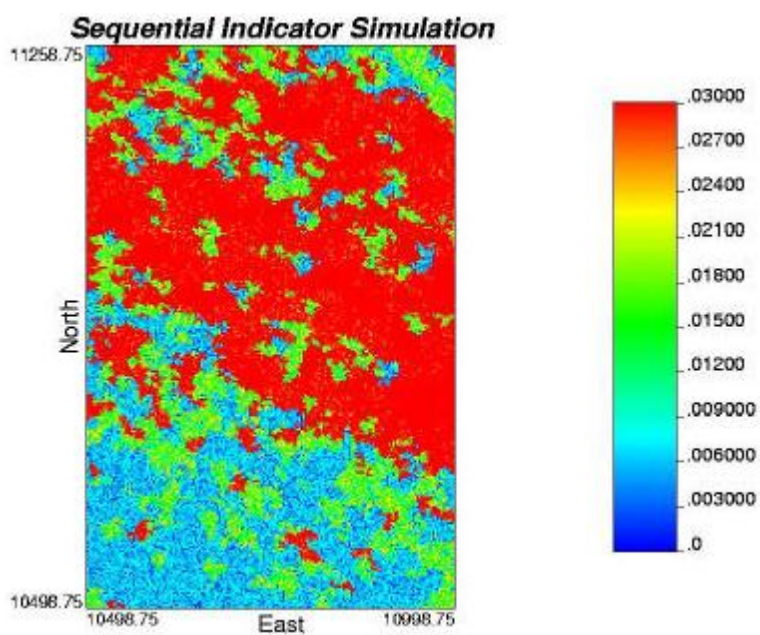


Рисунок 2.10. Содержания золота в блоках 2.5 x 2.5 м, рассчитанные индикаторным условным моделированием (SIS).

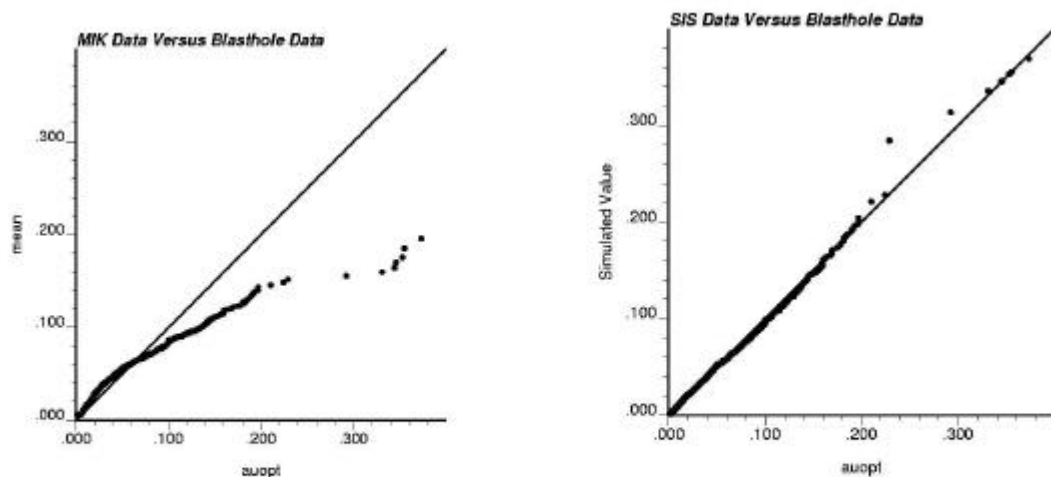


Рисунок 2.13. Диаграммы QQ для Индикаторного Кригинга (МИК) – слева, и для Условного Моделирования (SIS) – справа.

Смешивание популяций обычно встречается в базах данных, особенно для скважин БВР, где слишком часто нет достаточной геологической информации. Для данного месторождения минерализация с более высокими содержаниями определяется структурными признаками, а минерализация с более низкими содержаниями – литологическими. Одно из возможных решений для рассмотрения этих данных состоит в том, чтобы разделить их границей с содержанием золота 0.035 у/т и использовать индикаторную функцию, чтобы ограничить распространение популяции высоких содержаний. Надо иметь в виду, что эта методология не в состоянии учесть факт частого наложения этих двух популяций.

На рис 2.11 представлена карта области, показывающая оценки содержания золота в блоках 2.5 x 2.5 м, полученные многомерным индикаторным кригингом (МИК). Зона высоких содержаний весьма обширна и очень постоянна. Получив эту информацию, инженер контролер качества, используя борт (БС) 0.025, выберет весь красный многоугольник для переработки как руду. На рис 2.12 показана карта той же самой области, использующая те же самые исходные данные и те же индикаторные БС, но в этом случае применено условное моделирование на основе последовательного индикаторного алгоритма (SIS). Сравнение МИК и SIS показывает, что инженер по контролю качества руды будет иметь рудопоток с более низким содержанием, чем ожидалось, и со значительно большим внутренним разубоживанием, чем было предсказано ранее методом МИК.

Различие между результатами МИК и SIS исследовано на рис. 2.13, на диаграммах квантиль-квантиль (quantile-quantile (Q-Q)), сравнивающих результаты с оригинальным распределением содержаний в скважинах БВР. На рисунке видно существенное сглаживание оригинального распределения в результатах МИК в тех местах, где диаграмма SIS показывает очень хорошее соответствие оригинальному распределению.

Все интерполяционные алгоритмы предназначены, чтобы получить только оценку исследуемой переменной, тогда как методы имитации используются, чтобы моделировать дисперсию.

Чтобы ответить на вопрос о том, действительно ли величина изменчивости содержаний компонентов представляет проблему для вашего набора данных, Вы должны ответить на следующие вопросы:

- Имеет ли одна или несколько переменных содержаний в исследуемом наборе данных высокий коэффициент вариации (CV)?

- Указывает ли график CDF переменных содержаний на смесь геологических популяций?
- Выполнялся ли статистический анализ блочной модели, которая будет использоваться для оптимизации карьера, и смещено ли среднее содержание модели относительно среднего содержания исходных проб?

Если Вы ответите на любой из этих вопросов - 'Да', тогда имеется серьезная причина для беспокойства с Вашей стороны.

Чувствительность рассматриваемого Проекта к содержанию компонентов в руде

Сокращение дохода компании из-за неподтверждения содержания в запасах руды может быть катастрофическим из-за нелинейных отношений между доходом брутто и чистым доходом. Так как результаты испытания проб и оценки запасов обязательно содержат ошибки, то в ходе оценки проекта должны использоваться некоторые методы предсказания вероятного воздействия их на величину потока наличности. Один из часто используемых методов анализа - диаграмма паука (spider diagram). Она строится, используя предположение «что, если», и показывает степень изменения конечных параметров Проекта при изменении наиболее важных аргументов (цены, производственных затрат и т.д.). Вопрос в том, что является разумными пределами для оценки чувствительности изменения содержания?

Предлагаемые разными авторами пределы чувствительности для исследований Проектов показаны в табл. 2.2. Предложение Park использовать только -10 %, кажется, самым реалистичным, если не самым консервативным.

Таблица 2.2. Предлагаемые пределы изменений содержаний при оценке чувствительности Проектов

Автор	Нижний предел	Верхний предел
Park (1999)	-10 %	
Rozman (1998)	-1 %	+15 %
Gray (1999)	-10 %	+10 %

Цель использования условного моделирования состоит в том, чтобы сгенерировать несколько равновероятных реализаций содержания для данного участка. Каждый набор содержаний в блоках модели или узлах сетки отличен, но все они имеют ту же самую гистограмму, вариограмму, и условия получения результатов. Для данного узла или блока получается множество различных содержаний, но каждая реализация находится в пределах вероятного диапазона значений для данного блока.

Планируя процесс анализа чувствительности проекта в технико-экономическом обосновании, горный планировщик, как правило, должен ответить на следующие вопросы:

- Какие разумные верхние и нижние пределы изменений содержаний (%) должны использоваться?
- Должны ли быть эти пределы симметричными относительно среднего содержания?
- Должны ли быть эти пределы одинаковыми для каждого месторождения?
- Как правильно оценить верхний потенциал проекта с точки зрения содержания?

Методология моделирования риска

Геостатистическое условное моделирование становится стандартным инструментом для оценки неопределенности и следовательно - риска. Это достигается построением

модели месторождения, которая в своей основе имеет точную полную гистограмму и вариограмму для условных данных. Поэтому, эти модели достаточно точно описывают пространственную изменчивость месторождения в соответствии с имеющимися данными.

Многократные имитации (модели месторождения) требуются из-за случайной природы стохастического процесса (Монте-Карло), используемого для выполнения каждой имитации. В примере, представленном ниже, были сделаны 11 имитаций, которые представляют возможный диапазон значений содержания для каждого блока.

Набор возможных содержаний для каждого блока - это фактически график функции вероятности, т.е. то, что необходимо (для модели), чтобы оценить риск. Здесь могут быть получены не только оценки Etype, но также и вероятности превышения или не превышения установленных порогов. Обычно наиболее полезно использовать вероятностные интервалы, как меры величины риска. В терминах дилетанта эти вероятности иногда называются "доверительными интервалами"; однако в строгом смысле они описывают диапазон значений (минимум и максимум) переменной, которые для выбранной модели представляют интервалы верхних и нижних границ вероятности. Например, можно было бы сказать, для индивидуального блока, что есть 80%-ая вероятность что действительные (но неизвестные) содержания блока находятся между 0.6 и 1.1 г/т.

Этот блок будет более достоверен по сравнению с другим блоком, где тот же самый интервал вероятности может соответствовать интервалу между 0.2 и 2.0 г/т. Этот анализ может быть проведен для определенных областей в пределах месторождения или для месторождения в целом. Если каждая полученная имитация используется в процессе оптимизации карьера, типа Whittle Four-X или NPV Scheduler, тогда будет получен ряд из 11 альтернативных карьеров. Эта технология позволяет нам измерять риск геологической неопределенности и неопределенности содержаний в горном планировании и на стадии оценки проекта.

Геологические отчеты о запасах

Количество запасов и ресурсов месторождения является главным фактором управления уровнем кредитного финансирования, доступного для проекта. Если руководитель Проекта не способен идентифицировать и категоризировать риск, связанный с тоннажем и содержанием ресурсов (запасов), то он всегда будет в проигрыше.

Одна из целей использования условных моделей на входе в программу оптимизации карьеров является лучшее понимание риска или потенциального максимума ресурсов (запасов), о которых сообщается. Многие, если не все руководящие принципы геологических отчетов о запасах, предполагают постоянное увеличение количества геологических данных, улучшение знания рудного тела и повышение достоверности оценки. Однако до сих пор ни один из американских, австралийских или канадских стандартов отчетов, которые признаны правительственными комиссиями по ценным бумагам, не обеспечивает понимания количественной меры достоверности для определения различий между категориями ресурсов или запасов.

Классификация ресурсов должна быть сделана на блочной модели до оптимизации. Большинство горных компаний классифицирует свои ресурсы и запасы на основании плотности скважин в пределах классифицируемого участка и размеров эллипсоида поиска, который используется для интерполяции содержаний блоков.

Хотя увеличенная плотность скважин обычно приводит к повышению достоверности, но можно легко продемонстрировать, что содержания композитов проб в окрестностях поиска также вносят свой вклад в уровень достоверности оценки содержания блока.

Риск от изменения содержания для потока наличности - реальная проблема, которая будет в будущем становиться более важной, поскольку горняки пытаются эксплуатировать все более бедные месторождения. В настоящее время единственный метод моделирования, который измеряет изменчивость, связанную с содержаниями компонентов в руде, - условное моделирование. Условные модели могут использоваться в программах оптимизации карьеров двумя способами. Сначала, модели могут быть объединены с существующим горным проектом, чтобы оценить вероятный диапазон имеющихся ресурсов и поток наличности в течении жизни рудника.

Кроме того, возможно оптимизировать условные имитации индивидуально. Этот подход заставляет планировщика оценивать многовариантные альтернативы проекта и может помочь идентифицировать зоны высокого риска ресурсов.

2.4. Экономические аспекты планирования геологоразведочных работ [7]

2.4.1. Введение

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 явно неэкономичны, то могут ли они стоить хоть что-нибудь?

Эти вопросы, важные в экономической оценке месторождений, являются логически разрешимыми теми же самыми экономическими инструментами, которые используются для оценки жизнеспособных рудников и для того, чтобы принимать производственные решения.

По аналогии с другими аспектами горной экономики, экономическая оценка месторождений подчинена влиянию двух мощных факторов: временной ценности денег и ценности информации. Второй из них — прирост ценности геологических ресурсов от получения новой информации после дополнительных геологоразведочных работ, что является главным центром внимания в рассматриваемой области.

Эта глава описывает обычную процедуру оценки горных проектов. Одна из ее целей состоит в том, чтобы максимизировать отдачу от любого геологического исследования и возможные затраты на его проведение. Эта цель частично достигается минимизацией расходов в областях, которые являются ясно неэкономичными, особенно если они рано идентифицированы в процессе. В этой процедуре экономическая оценка месторождений начинается прежде, чем будет начата первая буровая скважина и продолжается до закрытия рудника.

Получаемые данные всегда несовершенны, и результаты их обработки всегда подвержены неуверенности. Любая оценка не может сделать ничего лучшего, как использовать доступные данные, часто неточные; а постоянный недостаток информации - это недостаточная причина, чтобы задерживать экономическую оценку. Каждая такая оценка приводит к двум результатам:

- оценке ожидаемого дохода и прибыли (возвращения на инвестициях, затраты производства и т.д.)
- оценке надежности полученных результатов

Эти результаты каждый раз диктуют потребность в более детальной оценке, а решения относительно расходов на получение дополнительной информации сами по себе являются внутренними составляющими самого процесса оценки.

Конечная цель разведочного бурения состоит в том, чтобы обосновать гипотезу о выгодной отработке полученных ресурсов. Стартовой точкой еще до геологоразведки является определение некоторой цели, которая сулит получение прибыли от намечаемых

горных работ. Ограничивающее условие здесь —необходимо предположить, что будет обнаружено лучшее (из возможных) месторождение, которое может оказаться реальностью в данной ситуации, и исследовать его экономику. Если это "лучшее" месторождение все же окажется неэкономичным, то маловероятно, что остальные варианты будут лучше.

Экономическая оценка гипотетического месторождения - важная директива для разведки. Она помогает, как минимум, устанавливать начальные приоритеты разведки между, скажем, более низким содержанием металла в неглубоко залегающей руде и более высоким содержанием в руде, залегающей на глубине. Оценка также устанавливает приоритеты между увеличением запасов, которые позволяют увеличить мощность рудника, и запасов, которые увеличивают срок его жизни.

Если "лучшее" месторождение все же неэкономично, то это не повод, чтобы прекратить разведку, а лишь основание для поиска некоторых других причин ее продолжения, кроме причины скорейшего начала горных работ.

Как только геологические характеристики рудного тела становятся понятными, должна быть выполнена его экономическая оценка. Если эта первая оценка ничего не гарантирует, то признается, что бюджет на геологоразведку потрачен продуктивно. Эта первая часть оценки стратегической стадии планирования должна быть начата как можно раньше на стадии геологоразведки и, конечно, до начала любого детального планирования проекта. Логика такой ранней оценки связана со следующими обстоятельствами:

- Для детального планирования одобренного проекта обычно осуществляется только детальное геологическое исследование запасов руды, необходимой в первые несколько лет работы рудника.
- Участки месторождения, которые будут отрабатываться в течение первых нескольких лет жизни рудника, определяются лишь ориентировочно до тех пор, пока не будет закончена стратегическая стадия планирования. Пока это не произошло, направление горных работ, стратегия развития рудника, календарный план отработки запасов и много других параметров остаются достаточно приблизительными.
- Обычно бывает слишком дорого полностью обурить все возможные места начала горных работ или предсказать все вероятные горные ограничения. Даже если стоимость разведки является маленькой по сравнению с ценностью месторождения, то ограничения и пределы, которые связаны с одним методом отработки, 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.

Именно поэтому первичная экономическая оценка месторождения предпринимается на этапе, когда месторождение понято только в общем. Цель ее состоит не в том, чтобы составить детальный горный план (хотя подготовка или попытка подготовки такого плана - часто самый удобный повод выполнить такую оценку). Цель оценки состоит в том, чтобы определить экономику вероятного горного проекта, предполагая, что он выполним. Будущая работа по оценке будет направлена на обоснование компонентов проекта, необходимых, чтобы гарантировать эту выполнимость.

Ниже будет исследована экономическая оценка месторождений по трем направлениям. Сначала, экономика будущей геологоразведки исследуется в общих чертах и определяется ценность запасов руды в недрах. Эта оценка обеспечивает руководящие принципы для того, чтобы установить приоритеты для дополнительной разведки и каким способом она может быть оправдана.

Затем обсуждаются три метода оценки экономичности выявленных месторождений, которые еще недостаточно изучены для составления надежного горного плана. Будет

показано, что многие такие начальные оценки основаны, прежде всего, на эксплуатационных расходах и часто игнорируют "временную ценность денег" и воздействия налогообложения.

И наконец, будет рассмотрено, как фиксированные и переменные затраты, а также временная ценность денег влияют на решения относительно целесообразности отработки отдельных частей месторождения. Это одинаково важно и при разведке запасов на ранних стадиях проекта и для оценки альтернатив развития рудника в процессе его работы.

2.4.2. Неразрабатываемые месторождения

Оценка новых месторождений - важная разновидность экономической оценки горных проектов. Большинство специалистов согласны, что такая оценка должна выполняться на основе расчета сегодняшней ценности будущих потоков наличности, но здесь могут существовать огромные различия в деталях такой оценки. Причины этого обычно легко объяснимы и являются результатом различий в трех областях:

- Использование средних значений. "Средняя" оценка (например, грамма золота в недрах) может рассматривать или запасы, которые будут добыты в следующем году, или другие запасы, которые не будут отрабатываться в течение следующих 20 лет. В современных экономических понятиях эти оценки кардинально отличаются.
- Степень достоверности. Запасы оцениваются (их сегодняшняя ценность) по-разному в зависимости от затрат производства и отпускной цены минеральной продукции. При этом неопределенность и будущей цены, и будущих затрат может быть большая. Если все другие факторы неизменны, то большая неопределенность цены и затрат означает более низкую ценность запасов.
- Выбор времени. Запасы стоят больше, если они могут быть быстрее использованы в производстве. Их ценность также зависит от воздействия, которое дополнительное производство оказывает на затраты или доходность в другом месте.

Все оценки ценности запасов в недрах начинаются с оценки разницы между вероятными производственными затратами, включая капитальные затраты для любой долгосрочной оценки, и вероятной отпускной ценой. Эта разница представляет собой вероятные будущие потоки наличности, чтобы возместить стоимость разведки и/или приобретения запасов. Существующая ценность вероятных будущих потоков наличности рассчитывается дисконтированием возможных затрат капитала компании. При этом оценки запасов обычно делаются в виде долларовой ценности на тонну руды в недрах.

Если рынок имеет низкую достоверность относительно технологии, используемой для отработки месторождения (т.е. — связанных с ней затратах), то это приводит к очень небольшой ценности прироста 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, основанные на запасах в недрах менее надежны, чем оценки, которые базируются на точности в оценке затрат производства. Для владельцев этого типа потенциальных ресурсов, основное внимание должно быть направлено на улучшение технологии производства, а не на прирост запасов.

Даже при высоких издержках производства, если технология производства надежна, то запасы в недрах имеют высокую ценность, если они могут быть отработаны быстро.

Во многих горных публикациях прослеживается тенденция, чтобы рассматривать запасы как технический термин, независимый от экономики. Это становится яснее, если вспомнить историю освоения богатых месторождений, для которых оценки запасов руды обычно были не слишком чувствительны к затратам по их разработке. В то же самое

время, установленный порядок объявлений о запасах руды предусматривает прежде всего информацию о физических, а не о экономически целесообразных количествах руды.

Известный факт, что мировые запасы минерального сырья сильно отличаются для разных полезных ископаемых. Так запасы руд некоторых металлов (например, серебра) являются маленькими в терминах продолжительности их отработки, в то время как другие полезные ископаемые (например, глинозем) имеют "доказанные (proven)" запасы более чем на 200 лет при объемах сегодняшнего ежегодного производства. Главной причиной этого является экономика, а не физическое количество материала в недрах.

Предположим, например, любой блок запасов действующего рудника. Новое рудное тело, предусмотренное для подземной отработки, будет требовать специального вскрытия и подготовки с затратами, которые являются независимыми от количества запасов в этом блоке. Точно так же и в карьерах существуют затраты на вскрытие и подготовку новых участков месторождения. Для налоговых целей эти затраты являются эксплуатационными расходами. Многие компании также классифицируют их как эксплуатационные расходы, но однако, такие затраты имеют "фиксированный" характер независимого от запасов, к которым они относятся. Принятие решения об отработке данного блока запасов с упомянутыми выше постоянными затратами зависит от количества ожидаемых запасов в блоке.

Как только месторождение было идентифицировано, могут быть сделаны начальные экономические оценки. Методы таких оценок были разработаны для различных типов месторождений; однако, начальные экономические цели везде очень похожи. Обычно используемые для этого три метода включают в себя: анализ бортового содержания, оптимизация карьера и ранжирование затрат:

- Анализ бортового содержания используется на рудниках, где границы руды определены с помощью экономических критериев, например, медно-порфировые месторождения, полиметаллические рудные тела на подземных рудниках.
- Оптимизация карьеров используется для большинства карьеров твердых пород.
- Ранжирование затрат используется для неглубоких открытых рудников в пластовых месторождениях, например, уголь, пески, фосфаты, нефтяной сланец и т.д.

Эти три метода имеют дело прежде всего с граничными горными затратами и дополнительными доходами от прироста запасов руды при расширении рудника в стороны или на глубину. Капитальные затраты и затраты, общие для всего предприятия (например, административные и маркетинговые затраты) обычно исключаются.

Бортовое содержание

Бортовое содержание - это ключевой экономический критерий, управляющий стратегией развития большинства подземных рудников, добывающих твердые полезные ископаемые особенно там, где содержание в рудном теле постепенно изменяется к границам рудного тела. Бортовые содержания - чрезвычайно полезные критерии для краткосрочного планирования производства. Как только в каком-то блоке отмечается серьезное уменьшение содержания по сравнению с основной рудой, то показатель бортового содержания определяет, будет ли классифицирован этот блок как руда, или как порода.

Для материала, который классифицируется как руда, должен существовать минимальный дополнительный доход от предпринятых дополнительных усилий на добычу, переработку руды, продажу продукции, который должен превысить понесенные дополнительные затраты. Средние затраты горного производства не имеют к этому никакого отношения.

Однако, обычно трудно определить, что представляют собой эти дополнительные затраты, которые являются функцией времени, в котором такая оценка сделана.

Например, если рудник, завод, и все последующие производства участвуют в производстве какой-то продукции, то планируемое в перспективе увеличение дохода от снижения бортового содержания должно покрыть дополнительные капитальные затраты на горное оборудование и расширение завода для переработки дополнительного материала, а также все дополнительные эксплуатационные расходы.

С другой стороны, если один участок рудника осваивает новую технологию в течение, скажем, 3-х месяцев, а предприятие из-за этого снизило выпуск продукции, то связанные с этим дополнительные затраты будут отличаться от затрат, которые будут характерны для более продолжительного периода уменьшения производительности. В течении этого короткого периода, горной компании, возможно, придется сохранить заработную плату всему персоналу рудника и завода, придется также оплачивать 100 % некоторых других "производственных" затрат (например, плата за электричество). Понижение бортового содержания для рудника означает, что часть материала, предварительно классифицируемого как порода, теперь будет классифицироваться как руда. Это действительно, пока производительность рудника не превысит мощности обогатительной фабрики, а доход от переработки дополнительной руды будет превышать дополнительные затраты на перерабатывающем заводе.

Ясно, что правильное определение бортового содержания является критическим в начале проекта, так как оно определяет его полную экономику. Граничные затраты в начале проекта включают практически все составляющие. Как только проект начнет развиваться, то борт, определяемый с помощью граничных экономических параметров, будет исключать многие из сегодняшних фиксированных затрат. Если долгосрочный выбор борта был сделан правильно, то удельные производственные затраты будут компенсированы отпускной ценой продукции. Однако это не гарантирует, что рудник будет прибыльным.

Теория и правильное использование бортовых содержаний более подробно рассмотрено в главе 4.

Ранжирование затрат

Ранжирование затрат - это ключевой экономический инструмент для того, чтобы оценивать запасы и управлять стратегией развития большинства неглубоких угольных шахт и особенно разрезов. Поскольку углубление шахт приводит к дополнительным затратам и доходам, то такое ранжирование определяет, является ли "следующий" предусмотренный к добыче блок материала:

- рудой или породой
- экономически целесообразным для отработки и
- должен ли он быть включен в горный план.

Для того, чтобы блок был признан рудой (в техническом смысле) и был включен в план, как экономически выгодный, минимальный дополнительный доход от дополнительных усилий по его добыче и переработки должен превысить дополнительные понесенные затраты. Средние затраты рудника не имеют к этому никакого отношения.

Как и с оценкой бортового содержания, временные рамки, в которых сделана оценка, влияют на решение.

Например, если рудник, завод и внешний транспорт участвуют в общем производстве, то в долгосрочной перспективе, доход от добычи руды с более низким содержанием (и с более низким извлечением) должен быть достаточным, чтобы возместить дополнительные затраты капитала на горное оборудование и расширение завода, чтобы добыть и переработать дополнительную руду. В этом случае затраты капитала на последующие процессы могут быть исключены, если там не будет

увеличения объемов производства. Естественно, что все эксплуатационные расходы на добычу, переработку и транспорт также должны быть компенсированы.

С другой стороны, если рудник, завод и транспорт участвуют в общем процессе производстве, то решение в перспективе классифицировать залегающий глубже материал, как "руду", должно обеспечить покрытие только капитальных затрат на дополнительное вскрышное оборудование, плюс полные эксплуатационные расходы на добычу и переработку руды.

С другой стороны, если один участок рудника не может работать из-за затопления, скажем, 3 месяца, и выпуск продукции будет из-за этого ограничен, то дополнительные затраты в этом случае будут совершенно другими. В течении этого периода горной компании, возможно, придется платить зарплату всему персоналу рудника и завода, а также, возможно, оплатить 100 % других "операционных" затрат (например, за электричество). В этом случае, экономика других, работающих участков рудника может измениться так, что часть материала, предварительно классифицируемого там, как порода, теперь будет классифицироваться как руда. Например, в этой ситуации может оказаться выгодным использование подрядчиков для вскрышных работ с оплатой, которая предварительно рассматривалась как неэкономичная. Если мощность завода позволяет увеличивать объемы добычи, то критерием является только получение минимальной прибыли от переработки дополнительной руды.

В этом случае рудник может нести потери в течение периода выполнения вскрышных работ подрядчиком, но он понесет еще большие потери, если эти работы не будут выполнены в срок, поэтому такое решение будет экономически выгодным.

Ясно, что правильное определение границ экономически целесообразной руды является критическим в начале проекта, так как оно определяет полную экономику проекта и его доходность.

Оптимизация карьера

Оптимизация карьера - ключевой экономический инструмент для того, чтобы оценить извлекаемые запасы руды и управлять стратегией развития большинства карьеров по добыче твердых полезных ископаемых. 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:

- рудой или породой
- экономически целесообразным для отработки и
- должен ли он быть включен в горный план.

Раз материал будет включен в план как экономичный, то минимум дополнительного дохода 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.

Результаты оптимизации карьера традиционно используются, прежде всего, для долгосрочного планирования, в других видах планирования обычно используются экономические расчеты, сделанные с использованием метода бортовых содержаний.

Различные алгоритмы были написаны, чтобы вычислить оптимальный карьер для рудного тела. Из этих методов, наиболее широко используется метод Lerchs-Grossman (LG). Этот алгоритм рассматривает блочную модель месторождения и определяет, какие блоки должны быть добыты, чтобы получить максимальную прибыль от карьера. Этот набор блоков будет определять оптимальный контур карьера. Метод особенно подходит для массивных, рассеянных месторождений типа медно-порфировых месторождений с низкими содержаниями или месторождений со многими рудными зонами. Несложные

рудные тела могут быть также оценены этим методом, хотя для них могут применяться и более простая методология определения оптимального карьера.

Более подробно вопросы оптимизации рассмотрены в главе 4.

2.4.3. Стратегия капитальных вложений и развития проекта.

Каждый из рассмотренных выше трех методов: бортовых содержаний, ранжирования затрат и оптимизации карьера приводит к созданию плана, который максимизирует ценность ресурсов с учетом некоторых ограничений. Однако, не существует способов, чтобы гарантировать, что эта максимальная ценность будет действительно реальна. Рудник не должен быть обязательно прибыльным для того, чтобы использовать применительно к нему эти виды исследований.

Существуют, по крайней мере, три важных проблемы, которые обычно недооценивают:

1. Происхождение затрат. Используемые методы в значительной степени рассматривают только эксплуатационные расходы. Дополнительные затраты на добычу дополнительной руды – это обычно эксплуатационные расходы. Начальным условием применения любых методов требует, чтобы пользователь предусмотрел некоторые эксплуатационные расходы. Однако, эти расходы являются функцией выбранного оборудования и используемых горных методов, которые - функция производства, а горное производство – это функция запасов руды. На практике подходящее для многих месторождений оборудование может быть выбрано с большой достоверностью заранее, но это не решает всех проблем. Перевозка руды транспортом подрядчика подразумевает, что эксплуатационные расходы включают капитальные затраты подрядчика, а перевозка собственным транспортом имеет более низкие затраты, потому что они не включают какие-либо компоненты затрат капитала.

2. Учет фиксированных затрат. Используемые методы включают в "руды" все, что дает положительный вклад в оценку горного проекта, но они основаны на неявном предположении, что рудник уже работает. Если дополнительно полученные доходы от расширения границ горных работ превышают дополнительные затраты, то блок должен быть включен в отработку. И все же не существует никакого критерия для определения, достаточен ли дополнительный доход, чтобы компенсировать фиксированные затраты или увеличение установленных затрат. Также, нет никакого индикатора оценки возможности более высоких возвращений из альтернативных вариантов, которые могли бы оправдать еще более высокие фиксированные затраты.

3. Последовательность извлечения. Используемые методы предусматривают добычу экономически выгодной руды, но они обычно не указывают оптимальной последовательности извлечения этой руды. Горный план, предусматривающий добычу руд более высокого качества в начале жизни рудника, может привести к более высокой чистой сегодняшней ценности, даже если это означает отказ от отработки руды более низкого качества.

Например, подготовка 10 дополнительным панелей может потребовать дополнительное удлинение спирального съезда, стоимость которого нельзя перенести на какую-то одну панель. Отнесение одной десятой затрат на удлинение съезда на каждую из панелей является некорректным, потому что съезд должен быть пройден прежде, чем первая панель будет отработана. Как только съезд будет построен, то и другие блоки будут экономически доступны, даже если они не способны учитывать пропорциональные затраты на удлинение съезда.

Ограничения вариантов горных методов

В горном плане с тысячами потенциальных блоков для добычи, оценка капитальных и эксплуатационных расходов и оптимальной стратегии развития - не тривиальный процесс. Для практических целей, она обычно выполняется 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 экономичным при низкой производительности.

2. В пределах этих ограничений устанавливают условия, которые имеют существенное влияние на развитие рудника и его экономику, и серьезно ограничивают пространство дальнейших возможных выборов. Для примера, мощное электрическое оборудование рудника может быть неприемлемо на отдаленных участках без строительства ЛЭП.

Каждый потенциальный горный метод имеет свои максимумы и минимумы инвестиций капитала и производственных показателей. Поэтому должны быть рассмотрены и оценены все подходящие варианты отработки месторождения.

Например, рудник, для которого предусмотрена добыча драглайном, должен будет иметь большие запасы и более высокую производительность производства, чем такой же рудник, использующий транспортные системы разработки (механическая лопата и самосвалы) Это не подразумевает, что вариант с драглайном обязательно более выгоден. Поскольку эксплуатационные расходы для перемещаемой драглайном вскрыши обычно меньше чем эксплуатационные расходы экскаватора/самосвала, то и запасы будут больше. Является ли такой рудник более экономичным будет зависеть от того, достаточна ли дополнительная прибыль (цена минус переменные затраты), чтобы компенсировать дополнительные капитальные затраты в методе с драглайном.

Даже для уже выбранных горных методов, различная производительность производства может подразумевать разные размеры оборудования и существенные изменения затрат.

Так метод с драглайном будет иметь минимальные производственные параметры, характерные только для данного драглайна. Меньшая производительность будет требовать меньшего драглайна, для которого эксплуатационные расходы и технические ограничения могут быть совершенно другими.

Большинство рудников, спроектированных с более высокой производительностью, обычно имеют более низкие затраты. Но функция «затраты- производительность» редко бывает гладкой кривой. Могут быть такие приращения производительности, которые являются настолько важными в экономическом смысле, что рудник логически должен быть создан с использованием этих приращений.

Предположим, что существующая железная дорога имеет максимальную пропускную способность 500 000 т/год. При увеличении грузопотока должна была быть построена новая железная дорога. Поскольку новая железная дорога имеет высокие фиксированные затраты, то "следующий шаг" требовал бы пропускной способности по крайней мере до 5 миллионов т/год, чтобы быть жизнеспособным вариантом.

Практически, диапазон доступных вариантов обычно уменьшается до разумного числа повторений. Число повторений может быть далее уменьшено исследованием требований капитала, описание которого изложено в следующем подразделе этой главы.

Наиболее крупные горные компании являются капиталоемкими, поэтому здесь становится очень важным полное использование дорогостоящего оборудования. Это не означает, что, если капитал не может быть полностью использован, то рудник, вероятно, будет неэкономичным. Предположение, что приращения капитала строго определяют стратегию развития рудника, может быть ошибкой. Так недостаточное использование большого агрегата может быть более экономичным, чем полностью используемая

меньшая машина, из-за более низких эксплуатационных расходов на единицу отгруженной породы.

Например, драглайн на вскрыше производительностью в 2.5 раза большей, чем машина меньшего класса, может иметь такую же экономику, как и 3 маленьких машины, даже если этот драглайн используется только на половину своей мощности.

Количество капитала, которое рудник будет поддерживать

На ранней стадии оценки горного проекта, размеры инвестиций капитала трудно определить. Однако, как только эксплуатационные расходы для каждого блока руды и вскрыши известны, то может быть определено максимальное количество капитала, которое требуется в проекте.

Большинство капитала обычно расходуется в начале работы рудника, а самое высокое возвращение на этом капитале достигается горным планом, в котором предусмотрены самые большие потоки наличности на самых ранних стадиях жизни проекта. Предполагая, что это достигнуто, 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 немного ниже отпускной цены, потому что этот блок не делает почти никакого вклада в возмещение затраченного капитала.

Максимальное количество капитала, которое будет требовать проект, определяется чистой сегодняшней ценностью потоков наличности, когда запасы извлекаются в последовательности от самой низкой себестоимости до самой высокой.

На некоторых рудниках невозможно отработать руду с самыми низкими затратами перед добычей руды с более высокой себестоимостью. Например, если запасы залегают вместе, то добывая руду с самой низкой себестоимостью можно закрыть доступ к руде с более высокими затратами. И все же большое число рудников может быть отработано этим путем, например, простой (однопластовый) угольный карьер, фосфатные рудники, песчаные карьеры, большинство глиноземных рудников и другие аллювиальные месторождения, где горные работы относительно неглубокие и имеют большую протяженность.

Независимо от того, является ли первоочередная добыча самой низкзатратной руды возможной или нет, сегодняшняя ценность потока наличности и, следовательно, размер инвестиций капитала, которые возможны в проекте, максимизируется с помощью именно такой последовательности отработки запасов. Кривая «содержание-тоннаж» (или «затраты-тоннаж») указывает верхнюю границу капитала.

Разница между отпускной ценой и себестоимостью производства прибыль (активное сальдо), которая является доступной, чтобы возместить капитал. При более низкой производительности производства проект имеет меньшие потоки наличности и поэтому требует меньше капитала, однако для такой производительности необходимо и меньше капитала.

На этой ранней стадии оценки налогообложение обычно может игнорироваться, так как цель состоит в том, чтобы просто определить, будет ли проект жизнеспособным или нет. Неточность (неполнота) исходных данных предполагает, что должен быть достигнут ясный (однозначный) результат. Если проект показывает ограниченную привлекательность на этой ранней стадии оценки, то надо быть осторожным. Если проект находится на границе доходности, то по всей вероятности прибыль будет близка к нулю и, следовательно, облагать налогом будет нечего. Поэтому, решение не включать налог в этот анализ является правильным для принятия решения руководством.

Экономическая оценка месторождений применяется не только на действующих рудниках или при создании детального технико-экономического обоснования. Она

применяется и для неразрабатываемых месторождений и является критическим фактором в установлении ценности запасов руды в процессе геологоразведки.

На процесс исследования месторождения и ценность запасов руды в недрах очень сильное влияние оказывают экономические параметры горных работ. Если горные затраты являются сомнительными и представляют существенную часть от отпускной цены, тогда большие запасы руды или их увеличение имеют небольшую ценность, если они при этом не оказывают влияния на снижение горных затрат. Решающее значение для разведки должна иметь переработка руды и совершенствование технологии. Если технология хорошо освоена, и есть возможность для наращивания запасов, которые будут быстро вовлечены в производство, то ценность запасов (или потенциальных запасов от дополнительной разведки) может легко оправдать высокие затраты. Производительность производства, ее изменения и выбор времени формирования потоков наличности становятся критическими.

Как только потенциально жизнеспособные месторождения будут определены, то процесс начальной оценки должен включать в себя установление формы рудных тел с экономических позиций, т.е. должно быть определено, что включать в отрабатываемые запасы, а что - нет. Эти начальные оценки, прежде всего, основываются на эксплуатационных расходах. Анализ ранжирования затрат или оптимизация карьера не являются горным планом или проектом. Это делается для лучшего понимания экономики проекта и оценки его жизнеспособности. Эти виды анализа не обеспечивают полной информации для принятия решения на основе риска, тогда как горный план обладает некоторой степенью неопределенности относительно его выполнимости.

Блок запасов руды будет экономичным при любой первичной оценке, если дополнительный доход от его отработки превышает доход от лучшего плана, который не включает этот блок. Дополнительные затраты или доход часто трудно определить, и они (особенно на действующих рудниках) могут ежедневно изменяться.

Оценки капитальных затрат для освоения месторождений делаются только после всестороннего изучения деталей проекта, но максимально допустимый капитал (для любого горного проекта, который должен быть экономически выгодным), может часто оцениваться на ранних стадиях оценки. Оценки, полученные на ранних стадиях с помощью анализа дисконтированных потоков наличности, обеспечивают ценную информацию для стратегического планирования и для формулирования целей геологоразведки, когда для различных вариантов возможных технологий добычи используются существенно отличающиеся капитальные затраты.

Экономика запасов в недрах зависит от производительности производства. Даже для тех же самых производственных затрат, более мощное производство подразумевает увеличенные запасы, потому что при этом в отработку вовлекается руда с более низким содержанием. Увеличение производительности производства также обычно означает снижение затрат. Новые горные проекты часто создаются на основе недостоверной информации о запасах руды, которые кажутся сомнительными. Поэтому производительность рудников во многих случаях занижается. После получения дополнительной информации о месторождении эти проекты могут стать весьма привлекательными даже прежде, чем начнется добыча если приоритеты планирования изменятся для достижения более высокой производительности производства.

2.5. Факторы неопределенности в оценке минеральных ресурсов [8]

Много усилий было израсходовано правительствами разных стран и профессиональными сообществами для создания стандартов Отчетов о полезных ископаемых и запасах (см. 2.2). Однако, независимо от используемых стандартов

классификаций запасов, одна из основных проблем, связанных с такими Отчетами состоит в том, чтобы гарантировать точность и надежность изложенной там информации и отразить в Отчете реальную неопределенность или риск, присущий данной оценке. Есть множество источников неопределенности в оценке запасов и ресурсов. Они включают в себя:

- неопределенность в оценке тоннажа;
- неопределенность в оценке содержания;
- неопределенность в определении конечных продуктов;
- неопределенность в выборе методов добычи и горном планировании; и
- неопределенность в экономических параметрах.

Большинство из них исследуются в большей или меньшей степени в любом горном проекте.

Обычный отчет о ресурсах/запасах содержит единственный набор цифр, которые воспринимаются как абсолютная действительность – или, по крайней мере, так часто интерпретируются финансовыми экспертами, игнорируя, таким образом, много факторов, которые вызывают неопределенность в каждой цифре Отчета.

2.5.1. Неопределенность оценки тоннажа

Неопределенность в оценке тоннажа зависит от множества факторов.

Определение границ месторождения обычно производится с помощью комбинации границ арендного договора или лицензии, которые обычно являются точно определенными, и геологических границ, которые могут или не могут быть четко установлены. В месторождениях с отчетливыми контактами (например, для многих угольных месторождений) геометрия рудных тел может быть относительно простой, хотя всегда может существовать неопределенность, вызванная нехваткой информации, например о местоположении тектонических нарушений или провалов. Другие месторождения, типа медно-порфировых или рассеянные золоторудные тела, имеют границы, которые плохо известны, и определяются содержанием минералов, а не какой-то специфической геологической особенностью. Это может также относиться ко многим месторождениям промышленных полезных ископаемых, типа каолина, в котором ценность продукта контролируется непрерывным изменением физических или химических свойств. Там, где контакты - постепенные, там тоннаж кардинально зависит от выбранного бортового содержания (БС) и, следовательно, косвенно - от экономических параметров. Изменение цены на конечный продукт изменяет и тоннаж запасов. Это может быть исследовано при помощи кривых «тоннаж-содержание», но надо иметь в виду, что не всегда существуют простые взаимосвязи между БС и ценой.

Плотность руд и пород - это фактор, который слишком часто недооценивается. Даже при том, что геометрия месторождения может быть хорошо установлена и его объем можно признать достаточно достоверным, но правильное вычисление тоннажа руды зависит, конечно, от точного знания плотности руды. Очень часто проблеме определения плотности уделяется совсем мало внимания. Для многих месторождений полиметаллов или промышленных минералов, в особенности, это является важным упущением. Использование неправильных данных о плотности часто не приводит к большим ошибкам, но может изменить размер ресурсов и запасов, а ошибки в оценке тоннажа руды даже на несколько процентов могут иногда быть очень существенным фактором в определении экономической жизнеспособности проекта.

Выбор полезных ископаемых для оценки т.е. установление основных и побочных металлов, особенно для полиметаллических месторождений, может очень существенно

изменить предполагаемый тоннаж руды месторождения, например в случаях, когда включение в оценку дополнительного основного металла или побочного продукта может серьезно расширить границы залежи. Поэтому в этих случаях может быть очень полезно использовать комплексный показатель качества руды, который получается из первичных содержаний металлов для каждой пробы вычислением «эквивалентного металла», «чистой цены концентрата, получаемой рудником от металлургов» (Net Smelter Return) или другой подобной переменной. Естественно, что в ситуации, когда цены металлов колеблются, рассчитанные запасы могут изменяться во времени и по тоннажу и по форме.

Неопределенность классификации ресурсов и запасов, которая связана с необходимостью определения при оценке месторождений, какие части ресурсов нужно рассматривать как ‘proved’ запасы, какие части являются ‘probable’, а какие части вообще не являются запасами. Ни один из западных стандартов, включая новое предложение СММИ, не дает никакого руководства для того, чтобы количественно классифицировать ресурсы/запасы. Это - вопрос, который решается профессионалами каждый раз индивидуально и субъективно. Много различных подходов было предложено для выполнения такой классификации (в зависимости от плотности разведочной сети, по величине геостатистической дисперсии оценки и т.д.), но до сих пор отсутствуют какие-либо общепринятые стандартные методы определения proved и probable запасов - или measured и indicated ресурсов.

В странах бывшего СССР до сих пор используется методика, которая напротив точно определяет, как должны быть вычислены ресурсы каждой категории (А, В, С1, С2) для месторождений различных типов в зависимости от плотности разведочной сети и геометрии осуществления выборки. К сожалению, эти правила смешивают ресурсы и запасы, а также жестко устанавливают БС, которые должны использоваться, независимо от изменения экономической ситуации.

Неопределенность в тоннаже руды в процессе оценки ресурсов имеет часто относительно небольшую важность, так как всегда возможно определить ресурсы более широко или более узко, предположив больше или меньше забалансового материала, который никогда не будет частью извлекаемых запасов. Однако, абсолютно важно знать величину такой неопределенности при создании Отчета о величине запасов. Хотя кривые «тоннаж-содержание» обычно используются в процессе оценки, но о реальной степени неопределенности в тоннаже руды редко сообщают в заключительных таблицах подсчета запасов, которые используются в финансовых целях.

2.5.2. Неопределенность в оценке содержаний

Точность оценки содержаний полезных компонентов при моделировании признается как проблема уже много лет. Старые методы, типа метода многоугольников были дискредитированы и за прошлые три десятилетия, заменены методами, которые включают волшебное слово ‘geostatistics’. Реально существуют два главных источника ошибок при оценке содержаний: ошибки опробования и ошибки оценки.

Ошибки опробования к несчастью игнорируется в большинстве моделей месторождений. Они возникают при объединении множества различных источников ошибок (представительность и подготовка проб, аналитические ошибки, ошибки кодирования, копирования, и т.д.). Они имеют особое значение для золотых и алмазных месторождений, а также оказывают большое влияние практически на любой минерал, который имеет сильно асимметричное распределение. Каждый источник ошибки приводит к эффективному искажению истинного распределения, обычно (центральная предельная теорема) в направлении гауссовского распределения. Хотя это может сделать числа более послушными в последующих процедурах оценки, но может также уменьшить

реальную изменчивость месторождения, т.е. создать существенные проблемы в последующей отработке запасов.

Ошибки оценки, которым также уделялось мало внимания до появления геостатистических методов. В оценке многоугольниками есть только один фиксированный результат для данного набора данных. То же самое относится к методу обратных квадратных расстояний (метод скользящего среднего). В линейной геостатистике в принципе также получается только один результат - оценка, которая минимизирует дисперсию ошибки. Однако вместе с оценкой содержания для каждого горного блока, линейный кригинг также рассчитывает дисперсию оценки. К сожалению, путь, которым вычисляется геостатистическая дисперсия оценки, зависит только от геометрии размещения проб и модели вариограммы, а не от фактических величин данных. Кроме того, для нелинейных геостатистических методов, лучшие свойства минимизации дисперсии линейного кригинга теряются, и здесь, как в негеостатистических методах, невозможно получить дисперсию оценки.

Существует, однако, частичное решение вопроса - условное моделирование. Вместо того, чтобы просто рассчитать множество лучших оценок содержаний блоков, оно моделирует возможные наборы 'реальных' содержаний блока, которые могут быть получены из наблюдаемого набора данных опробования (с помощью получаемой из них модели вариограммы,). Выполняя большое количество условных имитаций на том же самом наборе данных, можно получить оценки содержаний блоков (усредняя результаты моделирования), а так же дисперсию оценки каждого блока. Условное моделирование может теперь использоваться и для некоторых нелинейных геостатистических методов, хотя и с определенными трудностями, и вероятно, что оно станет стандартным методом оценки в будущем, чтобы получать намного более достоверные значения дисперсии оценки.

2.5.3. Неопределенность определения конечного продукта

Для некоторых типов продукции, определение продукта, который будет продаваться, имеет прямое отношение к экономике и таким образом к запасам месторождения. Это может быть особенно важным для определенных классов индустриальных полезных ископаемых. Например, в месторождении глины, может быть несколько различных глин, которые могут быть смешаны большим количеством способов, чтобы создать выбор различных рыночных продуктов, каждый с его собственной отпускной ценой.

Оптимальный выбор смесей будет зависеть от факторов, таких как соотношение количеств различных глин, доступных в данное время из карьера или складов, требуемых и текущих отпускных цен для различных потенциальных продуктов, и затрат производства для каждого продукта. Совсем не просто определить оптимальный набор смесей в любой момент, или так спланировать производство, чтобы привести к постоянному выпуску набора оптимальных смесей.

В такой ситуации, оценка запасов не может быть сделана без большой вычислительной работы и иногда такая оптимальная оценка просто невозможна. Эта проблема может существовать даже в 'более простых' месторождениях, содержащих, например, руды различных содержаний только одного или двух полезных ископаемых, где возможно расширить производство, смешивая более богатую руду с низкосортным запасенным на складах материалом. Стратегия усреднения здесь может зависеть не только от еженедельных изменений отпускной цены, но также от экономики и технологии операций обогатительной фабрики, например, выполнение требований, чтобы максимально выдержать постоянство содержания или тоннажа рудопотока на входе завода.

2.5.4. Неопределенность горного планирования и экономических условий.

Многие отчеты о запасах не содержат предупреждений, что они рассчитаны только на выбор специфического определенного метода разработки месторождения. Однако, выбор метода добычи (карьер, подземное этажное обрушение, системы с закладкой и т.д.) имеет критическое значение в определении, является ли он технически возможным, и выгодным для рудника. На одном и том же месторождении возможны различные варианты отработки, каждый из которых характеризуется его собственным предполагаемым тоннажем запасов и средним содержанием. Некоторые могут иметь меньший тоннаж руды и более высокое содержание, другие - больший тоннаж и низкое содержание. Извлекаемые запасы карьера и подземки могут сильно отличаться геометрически из-за различий в технических ограничениях каждого метода. Выбор 'лучшего' варианта может часто быть совсем не очевидным. Действительно, 'лучший' вариант может быть разным в различных экономических условиях. Если при высоких ценах может быть жизнеспособным большой карьер, то при более низких ценах на золото лучше предпочесть маленький подземный рудник, извлекающий высокосортные карманы руды, которые могут быть на глубинах, исключающих их открытую отработку.

Определение минеральных запасов СММІ включает следующие слова: "Технико-экономические обоснования должны включать рассмотрение и модификацию реалистично принятых факторов: горных, металлургических, экономических, маркетинговых, юридических, экологических, социальных и правительственных."

Другими словами, правильное определение запасов зависит от диапазона факторов, которые лежат вне областей компетенции геологов и горных инженеров - экономических, маркетинговых, юридических, экологических, социальных и правительственных - хотя на стадии предварительного ТЭО (PFS) обычно бывает достаточно только упоминания большинства из них, чтобы выполнить оценку запасов.

Эти источники неопределенности очень хорошо известны финансовым экспертам, и естественно, что они имеют непосредственное отношение для оценки запасов и создания Отчетов. Сегодня обычными являются исследования чувствительности проектов к изменениям цен на металлы, производственных затрат и сценариев налогообложения. Экологические и социальные факторы обычно рассматриваются косвенно и редко влияют на изменение уже оцененных запасов.

Однако, результаты всех этих исследований чувствительности часто глубоко спрятаны в приложениях ТЭО (PFS). Кроме того, они обычно выполняются только на единственной модели ресурсов ("наилучшая оценка" геолога), и игнорируют все дополнительные источники неопределенности - геологические и другие. Заключение Отчетов могут содержать цифры 'ожидаемых', 'минимальных' и 'максимальных' вариантов расчетов, но источники ошибок, приводящим к этим цифрам - редко когда-либо разъясняются.

Непрофессионал (или средний директор компании) обычно хорошо понимает, что экономические, юридические и другие нетехнические факторы являются источниками неопределенности оценок запасов - и следовательно жизнеспособности их проектов, но обычно технические данные, типа геологической модели ресурсов, расцениваются как точные и окончательные. Однако, без рассмотрения этих 'нетехнических' источников неопределенности в оценках запасов, и тщательного анализа риска невозможно определить реальную величину возможной ошибки между реалистическими худшим и лучшим случаями.

2.5.5. Возможные решения

Каждый отчет о ресурсах и запасах должен включать перечень всех предположений и методов, используемых для их получения. Он должен включать подробный перечень

всех источников ошибок и вероятные величины ошибки для каждого. Это может привести к дополнению Отчетов специальными документами, которые являются менее понятными для финансовых экспертов: но пусть лучше будет так. Недопустимо сообщать о запасах, как точных тоннажах и содержаниях без какого-либо признака имеющихся сомнений.

Возможно до некоторой степени стандартизировать отчеты о ресурсах (и, иногда, запасах) использованием подробных инструкций по их написанию. Это было достигнуто в прежнем Советском Союзе. Издержками этого был (и кое-где остается до сих пор) жесткий контроль над методами, используемыми в процессе геологоразведки, вплоть до определения стандартного интервала между буровыми скважинами для каждой категории ресурсов.

Хотя можно утверждать, что для такой предписывающей системы может быть найдено место, чтобы упростить сравнение различных проектов, но советская модель не делает никакого упоминания об уникальности каждого месторождения или о возможности изменения жесткой методологии, чтобы получить 'лучшую' оценку для каждого месторождения.

Было бы хорошо, если бы мы могли утверждать, что существует какой-то, статистически строгий способ оценки степени неопределенности любого варианта расчета ресурсов/запасов. Геостатистика должна наконец выполнить свое обещание и обеспечить расчет поблочной дисперсии оценки, которая является важнейшим инструментом оценки неопределенности. Однако, сегодня только один геостатистический метод обеспечивает возможность моделирования неопределенности оценки содержания (и тоннажа) - это условное моделирование. Это весьма сложный метод, который все еще относительно труден в использовании и поэтому редко применяется на месторождениях, которые желательно моделировать с его использованием.

Для оценки тоннажа были разработаны специальные геостатистические методы определения 'оптимальных' границ месторождения (так называемый 'морфологический кригинг'), но они должны прежде получить более широкое признание и апробацию в разных условиях. Определение границ месторождения остается в значительной степени заповедником для субъективной геологической интерпретации, и неопределенность результатов такой интерпретации трудно или невозможно определить количество.

Стандартные методы анализа риска часто используют имитацию Монте Карло. Создается модель анализируемой системы, которая дает полное (насколько возможно) представление о всех источниках неопределенности и ошибок в данном индустриальном или экономическом процессе. Каждый шаг в модели имитируется большое количество раз, используя случайные или псевдослучайные числа, чтобы представить степень изменчивости выходных параметров системы, и, если возможно, то моделируется фактическое распределение ошибок во входах для данного шага.

Нет никакой трудности выполнить такое моделирование для большинства шагов создания модели ресурсов/запасов. Очевидно, что выбор и оптимизация горных проектов для моделей переменных ресурсов требуют большого искусства, и этот шаг трудно поддается автоматизации. Однако, для единственной модели (например, стандартного проекта карьера) вероятно могут быть применены полностью автоматизированные методы оптимизации, что позволит автоматически выполнить все моделирование. Если это не удастся сделать, то существует обычный ручной метод вариантов, который должен быть повторен много раз на различных моделируемых наборах данных, и в этом случае будет нелогичным выполнять имитационное моделирование на заключительной модели запасов. Точно так же, если данные на ранних стадиях показывают настолько большую изменчивость, что там могут существовать очень отличающиеся геологические интерпретации, то в этом случае осуществить моделирование ресурсов методом Монте Карло практически невозможно. Однако, в большинстве случаев достаточно выполнить качественную геологическую интерпретацию и выбрать метод горных работ, чтобы в дальнейшем реализовать полностью автоматизированное имитационное моделирование.

Если включить все возможные источники ошибок в процесс детального моделирования Монте Карло (с оценкой содержаний в модели условным моделированием), то полученный окончательный набор моделей ресурсов и запасов позволит определить реалистические оценки неопределенности, которые будут включать все заданные на входе источники ошибок. Это неизбежно будет очень непростой вычислительный процесс, но сегодня вероятно ничего больше нельзя добиться в этом направлении, кроме простого геостатистического моделирования 1970-ых годов.

То, что требуется для этого, - это понимание необходимости создания реальной экономической модели системы и убеждение, что не должно существовать простых утверждений о запасах (типа "5.3 миллиона тонн со средним содержанием 1.5 грамма на тонну"), которые несут в себе всю информацию о месторождении.

Необходимо понимать, что два месторождения могут иметь те же самые запасы, о которых сообщают, и те же самые ожидаемые затраты на добычу, но иметь совсем другую финансовую привлекательность исключительно из-за различной степени уверенности относительно их запасов.

Должно стать стандартной практикой, чтобы выполнить полный анализ риска - включая детальную оценку всех источников ошибок - как неотъемлемую часть Отчетов о любых полезных ископаемых или запасах. Для Отчетов о ресурсах, этот раздел будет включать все 'технические' источники ошибок, а для запасов туда будет дополнительно включены экономические факторы как неотъемлемая часть анализа риска.

Стандарты CMMI/UNECE определяют структуру Отчета и его язык, но не включают рассмотренные выше проблемы. Поэтому, остается большой вопрос, относительно того, как они должны использоваться. Например, имеет ли какой-нибудь смысл, высказывание, что 'проверен запасы' составляют 5.3 миллионов тонн (со стандартным отклонением 1.1) с содержанием 1.5 грамма на тонну (со стандартным отклонением 0.3)? Что это утверждение фактически 'доказывает'?

2.6. Аудит правильности (Due Diligence) оценки ресурсов и запасов [9,10]

Ревизии ресурсов/запасов (Due diligence) требуются перед осуществлением большинства крупных сделок с минеральными проектами. Геологические ревизии включают проверку всех аспектов осуществления выборки, опробования и геологических отчетов, чтобы гарантировать, что оценка ресурсов основана на надежных исходных данных.

Геологическая интерпретация (см. Приложение 4) и создание надежной геологической модели являются критическими для надежной оценки ресурсов. Отказ включать геологическую модель в блочную модель ресурсов был причиной множества проектных неудач.

Термин Due diligence используется, чтобы выполнить критический анализ инвестиционной возможности. Цель ревизии должна состоять в том, чтобы идентифицировать фатальные недостатки, установить уровень риска и возможностей проекта.

Потребность в такой ревизии возникает прежде, чем будет сделан какой-нибудь крупный шаг в развитии минерального проекта. Основные поводы для осуществления ревизии этого типа:

- проектное финансирование в форме ссуд от коммерческих или других банков;
- листинг на фондовой бирже или размещение дополнительных акций;
- продажа или покупка активов акционерными обществами; и
- продажи прав собственности

Потребность в независимой ревизии возникает, потому что спонсоры проекта обычно представляют его в возможно лучшем свете. Это может привести к таким неприятным последствиям, как оправданный и необоснованный оптимизм, самообольщение, а также к элементарному обману и мошенничеству. Ревизия предназначена, чтобы облегчить независимое и объективное представление достоинств проекта.

Ревизия включает детальную проверку случайно отобранных частей базы данных и результатов оценки ресурсов. Если проверки подтверждают информацию и представленные интерпретации, то ресурсы являются подтвержденными. Если слишком многие из проверок не подтверждают полученные результаты, то оценка ресурсов не должна быть принята.

Процесс ревизии включает множество различных проверок, а также юридическую, деловую и техническую ревизию.

Геология – это только одна из частей технической ревизии, но возможно самая критическая, поскольку месторождение – это природный элемент, который не может быть изменен. Горные работы и металлургия обычно могут приспособливаться, чтобы выполнить геологические условия и ограничения. Поэтому геология должна быть расценена как "основа", на которой базируются все другие аспекты горного производства. Если геологическая интерпретация будет некачественной, то это поставит под угрозу корректную оценку ресурсов и все последующие стадии проекта. Минеральные ресурсы – это главный актив рудника, который обеспечивает основную безопасность инвестиций.

Основная цель геологического аудита состоит в том, чтобы установить надежность оценки ресурса. Поэтому он включает тщательную проверку базы данных, которая формирует основание для оценки.

Геологический аудит делает оценку и стремится подтвердить четыре основных компонента, связанных с минеральными ресурсами:

- достоверность и представительность опробования;
- адекватность опробования, т.е. частота и плотность размещения проб;
- точность анализов проб; и
- □ геологическая модель, включая ее геометрию и непрерывность ресурсов

2.6.1. Достоверность и представительность опробования

Определение минерального месторождения всегда основано на очень маленькой выборке проб, которая обычно меньше чем одна миллионная часть общего объема руды. Главные заключения о ресурсах основаны на этой очень маленькой выборке, и очень большие ошибки могут иметь место, если опробование было неправильным.

Жизненно важно, чтобы опробование было выполнено таким способом, чтобы адекватно характеризовать залежь, а процедуры опробования должны поэтому быть спроектированы так, чтобы максимально удовлетворять потребности специфического месторождения. Проект должен:

- максимизировать извлечение проб;
- гарантировать их качество и представительность;
- отбраковывать нестандартные данные; и
- гарантировать безопасность опробования от мошеннического вмешательства.

Если проект опробования не достигает этих целей, или если в процессе опробования не придерживались проекта, то надежность проб должна вызывать закономерное сомнение.

Одна из самых обычных проблем опробования - неадекватный размер пробы. Это может служить причиной беспорядочных результатов испытаний различных проб того же самого материала, потому что образец не содержит достаточного числа минеральных зерен (эффект самородка). Степень влияния этого эффекта должна быть исследована изучением распределения размеров минеральных зерен. Минимальный вес пробы, требуемый для минимизации эффекта самородка, должен после этого быть включен в проект опробования.

Достоверность пробы зависит в значительной степени от ее типа. Правильно взятая бороздовая проба должна обеспечить информацию равную по надежности керновой пробе. Идеально борозда должна иметь одинаковую глубину и ширину, но это - очень трудоемкий процесс в крепких породах. Весьма часто приходится видеть места, где бороздовые пробы зарегистрированы, но там не находят никакого следа борозды. В таком случае, сомнение должно быть распространено на любую оценку ресурсов, которая основана главным образом на таких сомнительных образцах.

Возможно наиболее важная проблема бороздовых проб - это поверхностное обогащение или истощение, вызванное выветриванием. Поверхностные бороздовые пробы должны рассматриваться с подозрением, если до этого не была выполнена тщательная работа, чтобы продемонстрировать, что оценки по поверхности действительно продолжаются и подтверждаются на глубине.

Легко взять смещенную пробу, проводя борозду по жиле. Осмотр местоположений бороздовых проб в течение ревизии должен гарантировать, что борозда является представительной и что истинные мощности рудных тел заявлены правильно.

Поверхностные обнажения позволяют взятие надежных контрольных проб. Недобросовестный оператор может вмешаться в керновую пробу или буровой шлам, но гораздо трудней фальсифицировать обнажения. В течение ревизии берется множество контрольных образцов в местах прежнего опробования, чтобы исследовать корреляцию с предыдущими образцами.

Бурение с обратной промывкой (RC) вообще расценивается как менее надежное чем алмазное бурение, прежде всего из-за возможности обычного загрязнения и сегрегации. Самая обычная форма загрязнения происходит из-за разрушения рыхлого материала со стороны скважины. Эта проблема может возникнуть, когда бурение производится через горизонт грунтовых вод, и свободный минерализованный материал в трещинах может быть вымыт в скважину и загрязнен. Хорошим опубликованным примером этого было месторождение Echo Bay's Cove в Штате Невада, где серьезная ошибка в содержании золота была вызвана механическим загрязнением проб при RC бурении ниже горизонта грунтовых вод.

Из-за возможных проблем с RC бурением желательно пробурить несколько скважин алмазного бурения для сравнения результатов. Любое существенное различие в результатах такого испытания требует объяснения и обычно вызывает недоверие к результатам RC бурения. В двух недавних ревизиях, выполненных компанией Behre Dolbear, RC бурение дало значительно более высокое содержание золота чем алмазное бурение, и этому не было никакого удовлетворительного объяснения. Горная компания справедливо отклонила все RC результаты и продолжала оценивать месторождение только с помощью алмазного бурения. Другая компания по-прежнему оценивала свою залежь с использованием RC бурения, и Behre Dolbear должна была сообщить, что такая оценка вызывает сомнение.

Представительность керна алмазного бурения в значительной степени зависит от его извлечения. Обычно извлечение керна имеет тенденцию уменьшаться в более мягких или рыхлых типах пород, а керн может часто быть полностью потерянным, когда твердые жилы встречаются в мягкой породе, что обычно для некоторых типов золотых месторождений. Размер смещения в оценке, вызванного бедным выходом керна может

быть определен построением графика зависимости между содержанием пробы и извлечением керна.

Обычная процедура связана с распилом или раскалыванием керна по длине, когда одна половина сохраняется, а другая отправляется на анализ. Обычная причина раскола керна с предубеждением состояла в том, чтобы расколоть только сам керн и игнорировать отходы, лежащие на основании кернового ящика. Это может быть проверено, взвешиванием керна, чтобы гарантировать, что сохраненная и взятая на испытания части имеют равный вес. Половина керна должна быть сохранена для осуществления проверки, новой геологической интерпретации, и для предварительных металлургических испытаний руды.

Образцы керна, пробы РС бурения и бороздовые пробы обычно весят между 2 кг и 10 кг, и составляют, возможно, одну миллионную часть залежи руды. Большинство аналитических методов выполняются на маленьких пробах весом от 10 до 30 грамм, что представляет только одну стомиллионную часть месторождения. Таким образом, очень важно, чтобы проектный процесс сокращения веса пробы строго соблюдался, особенно в случае золота и других редких и специфических материалов.

Правильное местоположение проб обычно не является большой проблемой для поверхностного или подземного опробования. Однако для скважин важность этих проблем возрастает с глубиной. Отклонение скважины могло стать серьезным фактором, когда ее длина превышает сто метров. В ходе ревизии следует проверить правильность и корректность замеров инклинометрии скважин.

2.6.2. Плотность или частота опробования

Плотность опробования диктует геология залежи. Пробы должны быть достаточно близко расположены, чтобы оценить содержание с соответствующим уровнем точности.

Оптимизация интервала (плотности) опробования относительно легко делается в уже освоенных горнопромышленных районах, где геологические границы, непрерывность и зона влияния уже известны. Определение расстояния между скважинами для новых месторождений более проблематично и должно быть сделано с помощью эмпирического сравнения с аналогичными залежами подобного типа, или с помощью геостатистики. Однако геостатистический подход страдает от проблемы, что на первых стадиях оценки месторождения обычно не бывает достаточного числа проб в направлении, перпендикулярном буровой скважине.

Интервал бурения определяет уровень доверия к оценке ресурсов. Вообще, чем более сложная структура залежи или большой разброс в ней содержания металлов, тем меньше должен быть интервал бурения. Пробы должны быть достаточно близкими, чтобы можно было установить адекватные уровни доверия и для геологической корреляции, и для непрерывности содержаний.

Обычный результат геологического аудита – это недоверие к точности оценки ресурсов, потому что плотность бурения была слишком мала по всему месторождению или в специфических его областях. Это может привести к рекомендации, что требуется дополнительное бурение для увеличения уровня надежности сделанной оценки.

2.6.3. Точность анализов

Надежность испытания проб в значительной степени зависит от лаборатории. Авторитетные коммерческие лаборатории на западе редко делают ненадежные испытания. Однако особая осторожность должна быть предпринята, имея дело с лабораториями в других частях мира. Хотя они могут иметь адекватные аппаратные средства, степень

квалификации персонала и технологическая дисциплина могут приводить к неадекватным результатам. Результатам таких лабораторий нужно доверять только в том случае, если они часто проверяются коммерческими лабораториями с высокой репутацией.

Точность и корректность результатов испытания должны быть в пределах известных и приемлемых пределов. Они должны постоянно контролироваться выполнением регулярных проверок соблюдения стандартов и представлением проб для контрольного анализа в независимой лаборатории.

Остатки материала проб обычно должны сохраняться в лаборатории. Ревизия должна включать контрольное испытание некоторого количества проб в отдельной лаборатории для сравнения с первоначальными анализами.

Ошибки в определении плотности руды удивительно часты и могут иногда подвергать опасности надежность оценки ресурсов и экономику горного проекта. В некоторых случаях это случается, потому что использовался неподходящий метод измерения плотности. Ошибки часто возникают и потому, что содержание влаги в пористых рудах не было определено должным образом; анализ проб выполняется на сухих образцах, поэтому плотность также нужно измерять в сухом состоянии.

Использование термина "Specific Gravity - удельный вес" часто вводит в заблуждение, потому что плотность является вообще изменчивой величиной для разных типов пород. Часто для целой залежи используется единственная величина плотности, но это может быть ошибкой, потому что проведение дополнительных многочисленных измерений может показать достаточную изменчивость плотности, и другие зоны или рудные типы должны иметь их собственную плотность.

Недавняя ревизия Behre Dolbear обнаружила ошибку в определении плотности, когда руда в модели характеризовалась плотностью 2.6, тогда как ее истинная плотность была 2.2, что привело к 15%-ому сокращению тоннажа ресурсов.

Все базы данных содержат некоторые ошибки, и ревизия должна включать проверку анализов и баз данных, чтобы гарантировать, что такие ошибки не являются достаточно многочисленными и не подвергают сомнению надежность оценки ресурсов.

2.6.4. Геологические отчеты, интерпретация и модель месторождения

Термин «геологическая модель» нельзя путать с "моделью рудного месторождения" или "генетической моделью". Геологические модели являются полезными, как справочники, для геологоразведчиков на начальных стадиях исследования месторождения, но быстро изменяются или даже становятся избыточными, поскольку информации становится все больше и больше.

Все месторождения являются частью какой-то региональной геологической структуры, которая должна быть зарегистрирована надежными геологическими картами. Часто легче обнаружить особенности структур, типа тектоники, в региональном или полурегиональном масштабе, чем в масштабе залежи.

Детальное геологическое картирование залежи еще более жизненно важно. Можно было бы предположить, что все горные работы подробно нанесены на геологическую карту, но это не так. Behre Dolbear недавно ревизовала большой карьер, где не было сделано никаких геологических карт. Если нет никакой геологической карты, или если карта является концептуальной, а не фактической, весьма вероятно, что геологическая модель залежи будет неадекватна.

Для большинства месторождений большая часть детальной геологической информации получена бурением а не картографией, поэтому подробная регистрация керна или шлама является критической. Главные характеристики, которые должны быть зарегистрированы таким образом, делятся на шесть отдельных областей:

- первичная литология;
- изменения, связанные с рудой;
- рудная минерализация и парагенезис;
- структуры минерализации;
- метаморфические эффекты в минерализованных и основных породах; и
- степень окисления, выветривания и т.д.

Есть необходимость делать записи этих данных систематически, последовательно и в стандартизированной форме, так, чтобы два геолога смогли произвели одинаковую регистрацию той же самой части керна. Этому процессу помогают каротажные диаграммы, которые показывают многие переменные и их описания.

Распространены несколько компьютерных систем для регистрации керна, но они часто приводят к негибкому и ограниченному режиму работы, который не стимулирует наблюдение и регистрацию новых и необычных особенностей, которые, могут оказаться, важными.

Геологическая модель обычно основана на нескольких планах горных горизонтов, поперечных и продольных сечений. В процессе бурения рабочие разрезы должны постоянно обновляться, чтобы гарантировать, что регистрация керна постоянно отражает корреляцию и непрерывность оруденения между скважинами, и что любые нарушения непрерывности являются реальными. Таким образом, геологическая модель создается и постепенно изменяется в течение жизни проекта. Такие развивающиеся модели почти всегда более надежны, чем модели, созданные после какого-то события.

Компьютерные пакеты для создания чертежей являются полезными инструментами для того, чтобы создавать качественные планы и сечения, которые могут быть быстро обновлены, но они не заменяют рабочие разрезы, создаваемые карандашом и резинкой. Геологические модели, созданные непосредственно на экране, вообще опускают много жизненных деталей.

В течение аудита модель должна быть проверена в местах обнажений и по керну, чтобы удостовериться, что они хорошо отображают действительность.

Фактически все геологические модели предполагают плавную интерполяцию между контрольными пунктами. Однако по мере увеличения знания и количества контрольных пунктов сложность месторождения становится более очевидной, а простые контакты руда-порода оказываются более сложными и нерегулярными. Эффект таких сложных контактов должен вообще уменьшать извлекаемые запасы руды, т.к. добыче обычно соответствуют простые линии. Показатели Потерь и Разубоживания поэтому должны быть увеличены, чтобы учитывать эти контакты.

Если сложные контакты существуют, то они должны были быть подробно нанесены на карту, чтобы лучше понимать природу контактов в других местах геологической модели.

2.6.5. Оценка ресурсов

Оценка ресурсов классическим методом многоугольников или методом сечений обычно выполняется на разрезах и планах. Это гарантирует, что блоки более или менее соответствуют геологической модели.

Классические методы были в значительной степени заменены компьютеризированными методами, основанные на геостатистике и блочных моделях. Известно много случаев, когда эти методы использовались неправильно. Обычно это происходит потому, что геология или игнорировалась, или не была должным образом объединена с блочной моделью, а также существовало чрезмерное доверие к результатам испытаний проб, по которым определялись непрерывность и пределы минерализации.

Алгоритмы блочного моделирования, если их не ограничивать, будут "создавать" руду там, где геологический здравый смысл говорит нам, что ее там не должно быть. Необходимо ограничивать компьютер, контролируя его действия в пределах ограниченных областей, определенных геологическими границами, полученными из геологической модели.

Поэтому здравая геологическая интерпретация особенно важна, когда для оценки ресурсов используются статистические методы

Есть несколько ключевых шагов, обычных для всех оценок минеральных ресурсов и, следовательно, для всех ревизий минеральных ресурсов. Они включают:

- сбор данных геологоразведки и оценку их надежности,
- создание соответствующих геологических моделей,
- экстраполяцию тоннажа и содержания в геологических моделях, используя данные геологоразведки и, наконец,
- классификацию ресурсов и сообщение результатов.

В то время как аудит может быть предпринят по разным причинам, и следовательно фокус и глубина сделанной работы могут изменяться, но общая цель в терминах минеральных ресурсов во всех случаях состоит в том, чтобы оценить пригодность сделанной оценки ресурсов для данного месторождения. Поэтому, важно не только прокомментировать уместность различных методов, используемых для создания геологической модели, экстраполяции содержаний и классификации получающихся результатов, но более важно - оценить влияние этих методов на точность получающихся оценок и, в случае необходимости, рекомендовать использовать более подходящие методы.

Для каждого шага в процессе оценки ресурсов есть ключевые аспекты, где решения, принятые оценщиком, являются самыми критическими и поэтому именно там рецензент должен сконцентрировать все свое внимание в процессе аудита. Они прокомментированы ниже для каждого из трех шагов, рассмотренных ниже.

Геологическое моделирование может быть определено как развитие (все чаще и чаще при помощи компьютеров) трехмерной геометрической модели рудного тела на основе доступной информации и которая отражает реальное распределение различных типов руды и породы. Ключевые аспекты этого процесса в терминах оценки ресурсов – это предположения, сделанные относительно характера контактов рудного тела с породами висячего и лежащего бока, а также относительно непрерывности минерализации между известными пересечениями буровых скважин и/или поверхностными или подземными обнажениями. Эти предположения определяют будущие решения о том, какие данные должны использоваться в последующем процессе оценки и как они должны использоваться.

Экстраполяция тоннажа и содержаний включает оценку средних содержаний целевых полезных ископаемых, элементов или их примесей, оцениваемых в рудном теле, исследование пространственных изменений их внутри рудного тела, определение массы руды и наконец создание трехмерных моделей, чтобы отразить все это. Ключевые аспекты в этом случае связаны с выбором переменных, которые будут моделироваться, и методов моделирования. Эти решения могут затронуть полученные средние содержания, пространственные изменения этих содержаний, а также статистическое распределение содержаний и тоннажей для любой подобласти, блока или панели.

Цель **классификации получающихся моделей** состоит в том, чтобы оценить в Отчете точность, с которой были подсчитаны ресурсы. Ключевые аспекты здесь, независимо от используемой системы классификации связаны с вопросами:

- Действительно ли материал потенциально может быть отработан с получением прибыли?
- Действительно ли его вообще нужно называть ресурсом?

- Действительно ли сделанные оценки достаточно надежны, чтобы поддержать требование необходимого капитала для продвижения или развития проекта?

В терминах "Австралазийского кодекса JORC, например, ключевым решением при оценке минеральных ресурсов для технико-экономического обоснования является решение о том, можно ли сообщать о них как об Indicated Минеральных Ресурсах, поскольку это является уровнем требуемого доверия, прежде, чем эти ресурсы могут быть преобразованы в запасы и использоваться для оценки потоков наличности.

При рассмотрении вышеупомянутых трех шагов, и ключевых аспектов каждого из них, нужно помнить, что цель ревизии состоит не в том, чтобы выразить свои индивидуальные представления относительно "способа, которым работа должна быть сделана", а скорее согласиться, что текущая оценка является соответствующей или, в другом случае, показать, какая оценка была бы более соответствующей.

2.7. Литература

1. A Guide for reporting exploration information, mineral resources, and mineral reserves (Submitted by: The resources and reserves committee to the board of directors of SME, USA, 01 March 1999)
2. 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 of Ireland – October 2001)
3. Капугин Ю.Е., Горные компьютерные технологии и геостатистика, Л, Недра, 2002, 424 с
4. G. P Riddler, N. Miskelly, An international reporting standard for mineral reserves and resources, Mineral Resource Evaluation into the 21st Century, IMM, Cardiff, March 2000
5. G R Appleyard, Ore reserve estimation practice - a financial perspective, Mineral Resource Evaluation into the 21st Century, IMM, Cardiff, March 2000
6. Bruce H. Van Brunt – Analyzing Project Risk Due to Deposit Grade Variation, Whittle North American Strategic Mine Planning Conference, Colorado, August, 2000
7. Ian C. Runge. Mining Economics and Strategy, SME, USA, 1998, 316 p.
8. S. Henley, Three R – Resources, Reserves and Reality, Mineral Resource Evaluation into the 21st Century, IMM, Cardiff, March 2000
9. Richard J Parker, Due diligence - geology and database, Mineral Resource Evaluation into the 21st Century, IMM, Cardiff, March 2000
10. Michael G Armitage, Due diligence - estimation and classification, Mineral Resource Evaluation into the 21st Century, IMM, Cardiff, March 2000

3. Оптимизация стратегического плана отработки месторождения

3.1. Введение

Когда ресурсы месторождения оценены по блочной модели, возникают вопросы, каким способом, в какой последовательности их отработать, как перерабатывать добытую руду и т.п., чтобы акционеры компании получили максимальное возвращение на вложенный капитал.

Для последующего финансово-экономического моделирования и оценки горного проекта необходима информация о том:

- сколько запасов руды, и с каким качеством может быть извлечено из недр

- какова достоверность этой информации (категория запасов)
- какова будет последовательность извлечения этих запасов
- сколько и каких запасов руды будет добываться ежегодно
- какова будет система рудопотоков будущего рудника, и как будут изменяться во времени бортовые содержания полезных компонентов в этих рудопотоках
- сколько и какой руды будет поставляться на переработку из разных источников, если такой вариант предусмотрен

Ответы на все эти вопросы можно получить с помощью специальных программ, которые имеются в большинстве современных развитых горно-геологических систем, типа Vulcan, Datamine, Gemcom, Surpac и т.д. Ниже будет рассмотрен комплекс задач по оптимизации стратегического горного плана с использованием программ NPVScheduler, Mineable Reserve Optimiser, Mine2-4D, Multimine и некоторых других. Часть этих программ (например, MRO) является частью системы Datamine (Studio 3), а остальные могут функционировать обособленно. Сначала будут рассмотрены особенности расчетов для карьеров, а затем – для подземных рудников.

3.2. Определение (оптимизация) границ открытых горных работ

Начиная с 1960-ых, начали развиваться компьютерные методы оптимизации карьеров. Теперь, почти все основные горные компании используют эти методы в начале проектирования карьеров и в процессе их отработки. Они могут также использоваться, чтобы помочь в переходе от открытых к подземным горным работам. Примеры основных широко используемых систем включают Four-X и NPV Scheduler. Главная цель этих систем состоит в том, чтобы помочь в определении оптимального размера и формы карьеров, а также в создании календарных планов горных работ. Системы включают множество процессов, которые используют обработанные на компьютере геологические блочные модели и позволяют выполнять детальный экономический анализ различных вариантов карьеров. Этот анализ, который включает расчет дисконтированных потоков наличности, позволяет получить чрезвычайно ценную информацию, которая помогает в горном планировании и проектировании карьеров.

Lerchs и Grossmann в 1964 создали математический метод для определения «оптимальной» (предельной) формы карьера в трех измерениях. Он использует блочную модель месторождения, и созданные им графы взаимосвязанных блоков, которые должны или не должны быть добыты. Заключительный граф описывает карьер с максимально возможным полным доходом и заданными углами бортов.

Программа Three-D, выпущенная компанией Whittle в 1985, была первой компьютерной реализацией метода Lerchs-Grossmann. Она использовала на входе регулярную (с одинаковым размером ячеек) блочную модель, где ячейкам присвоены экономические оценки, представляющие собой чистый поток наличности, который мог быть получен при изолированной отработке каждого блока.

При создании предельных контуров карьера не используются дисконтированные потоки наличности.

Альтернативный Лерчу-Гроссману алгоритм Плавающего Конуса, используемый в некоторых горных системах, многократно формирует и проверяет полную ценность групп блоков, составляющих перевернутые конусы. Целые конусы предназначаются для добычи, если их полная ценность будет положительной. Эта процедура продолжается до тех пор, пока можно еще обнаружить положительные конусы. Однако, решения, произведенные этим методом, не могут гарантировать, что заключительный карьер будет действительно оптимальным. В свое время были разработаны и предложены также другие алгоритмы и различные модификации основных методов определения предельных границ карьеров, но они пока не получили широкого распространения.

Наиболее распространенные в мире программы Four-D (впоследствии Four-X) и NPV Scheduler используют метод Lerchs-Grossmann для того, чтобы создавать ряд вложенных «оптимальных» (по критерию максимума полных потоков наличности) карьеров. Каждая оболочка оптимальна для различных соотношений входных параметров, и эти оболочки используются, чтобы анализировать различные горные графики. Финансовый анализ этих графиков с использованием обесцененных потоков наличности позволяет провести разносторонний анализ процессов развития карьера.

Описание процесса определения предельного карьера (и последующих этапов с использованием программы NPV Scheduler) будет выполнено на учебном примере создания стратегического плана для золото-медного проекта, представленного геологической блочной моделью, созданной в программе Datamine персоналом этой компании. Модель содержит чуть больше 350000 блоков и подъячеек, обеспечивающих точную объемную модель топографии и границ залегания руд. Содержания золота (AU), меди (CU) и значения плотности руды (DENSITY) в блоках месторождения были получены с помощью трехмерной интерполяции методом обычного кригинга. В месторождении имеется два различных класса сульфидных руд, резко отличающиеся по флотационным характеристикам и растворимости. Поэтому рудные блоки были разделены на руды класса SULF1 (обогажительная фабрика-плавление-аффинаж) и SULF2 (выщелачивание - SXEW).

Подготовка исходных технико-экономических параметров

Наиболее удобно подготавливать экономические данные в электронных таблицах, например, Excel, где можно ввести и быстро обработать уместную экономическую информацию.

Самое важное, чтобы в расчеты были включены все затраты, которые останутся, когда горное производство прекратится. Например, невозвратимые (sunk) капитальные затраты обычно исключаются при этом рассмотрении. В этих расчетах должно также учитываться изменение горных затрат, если к работам будут привлечены подрядчики. Они обычно рассчитывают свои тарифы на тонну руды и включают туда эксплуатационные и капитальные затраты. Эти полные затраты обычно непосредственно используются для оптимизации карьера.

Фиксированные (например, general and administration) затраты и затраты на восстановление обычно рассчитываются в расчете на год, поэтому они предварительно должны быть превращены в удельные для включения в полную себестоимость 1 т руды.

Часто затраты на добычу тонны руды будут больше чем на тонну породы, например, из-за различного оборудования и дополнительного опробования качества руды. В этом случае, в расчеты вводится соответствующий коэффициент. Пример подготовки экономических параметров показан в таблице 3.1.

Таблица 3.1. Пример подготовки исходных технико-экономических параметров для оптимизации карьера

КАТЕГОРИЯ	ПАРАМЕТР	ЕД. ИЗМЕР.	ЗНАЧЕНИЕ
Цена золота		\$/г	9.65
Затраты на маркетинг и т.д.		\$/г	0.54
Горные затраты:			
	Горная масса	\$/т	1.00
	Окисленные:		
	Руда (MCAF*)	\$/т	1.04
	Порода (MCAF*)	\$/т	0.95
	Смешанные:		

	Руда (МСАФ*)	\$/т	0.97
	Порода (МСАФ*)	\$/т	0.89
	Сульфидные:		
	Руда (МСАФ*)	\$/т	1.08
	Порода (МСАФ*)	\$/т	0.98
	Увеличение затрат с глубиной карьера:		
	Руда (начиная с +560 м)	\$/т/уступ	0.01
	Порода	\$/т/уступ	0.01
	Затраты на восстановление	\$/т	0.20
Переработка руды:			
	Затраты:		
	Окисленные	\$/т	7.35
	Смешанные	\$/т	7.35
	Сульфидные	\$/т	9.65
	Извлечение:		
	Окисленные	%	95.3
	Смешанные	%	95.3
	Сульфидные	%	93.5
Извлечение при добыче		%	97.0
Разубоживание		%	7.0
Производительность карьера по руде		Тыс.т/год	3000.0
Углы откоса бортов карьера:			
	Азимут, град.:		
	5.0	Град.	44.0
	98.0	Град.	48.0
	205.0	Град.	50.0
	274.0	Град.	46.0
Учетная ставка		%	12.0
Удельные капитальные затраты:			
	На строительство карьера	\$/т	0.3
	На строительство фабрики	\$/т	0.67

* МСАФ – Коэффициент изменения затрат по сравнению со средними затратами на горную массу. В данном примере реальные затраты и МСАФ равны, т.к. затраты на горную массу = 1.

При подготовке исходных данных необходимо постараться тем или иным способом учесть все особенности Вашего проекта. Например, компания может поставлять в качестве готовой продукции несколько видов концентрата и других полуфабрикатов, которые требуют дальнейшей переработки. Эти дополнительные затраты должны быть учтены, если Вы указываете в качестве продукта – чистые металлы, или Вы должны сделать продуктами Ваши полуфабрикаты.

Извлечение и затраты на обогащение могут быть выражены дискретно или формулами. Цены, затраты, учетные ставки могут изменяться во времени. В системе рудопотоков предприятия могут использоваться склады и т.д. и т.п.

Некоторые из этих «дополнительных» параметров будут обсуждены далее при рассмотрении учебного примера.

Подготовка блочной модели месторождения.

Прежде чем приступить к оптимизации, Вы должны создать блочную модель месторождения, досконально проверить ее и подготовить к импорту в программу оптимизации. Для этого необходимо:

- По возможности упростить модель, оставив в ней только нужные поля (хотя это можно сделать и в процессе импорта):
 - содержания компонентов, которые Вы считаете продуктами
 - плотность руд и пород
 - поле с типами горной массы, которые предполагается добывать и перерабатывать отдельно
 - поля с указанием коэффициентов увеличения затрат (MCAF, PCAF) для разных типов руд и пород (если таковые имеются)
- Создать литологическую блочную модель месторождения ниже поверхности топографии и наложить на нее модель рудных тел. Размеры общей модели должны покрывать все пространство (с запасом), необходимое для будущего потенциального карьера. Это нужно, чтобы борта карьера «не выехали» за пределы модели, а статистика по карьере использовала бы всю имеющуюся в модели информацию о разных типах руд и пород, отличающиеся по плотности, геомеханическим свойствам, содержанию металлов и т.д.
- Проверить количество родительских ячеек в модели. Если оно будет слишком велико (несколько миллионов), то можно ожидать проблем в процессе оптимизации (резкое возрастание времени вычислений и зависание недостаточно мощного компьютера). Для борьбы с такими явлениями нужно максимально снизить количество блоков в модели до импорта ее в NPVS, или сделать переблокировку модели в самой программе NPVS.
- Подготовить все вспомогательные данные (файлы) для указания границ возможного развития карьера на глубину и в плане

Надо иметь в виду, что программы оптимизации используют только регулярную модель месторождения с одинаковым размером блоков, равным размерам родительской ячейки. При импорте модели, содержащей подячейки, автоматически производится превращение ее в регулярную.

Импорт блочной модели в программу NPVS

Один из вертикальных 3-В разрезов полной блочной модели, подготовленной для импорта, показан на рис. 3.1.

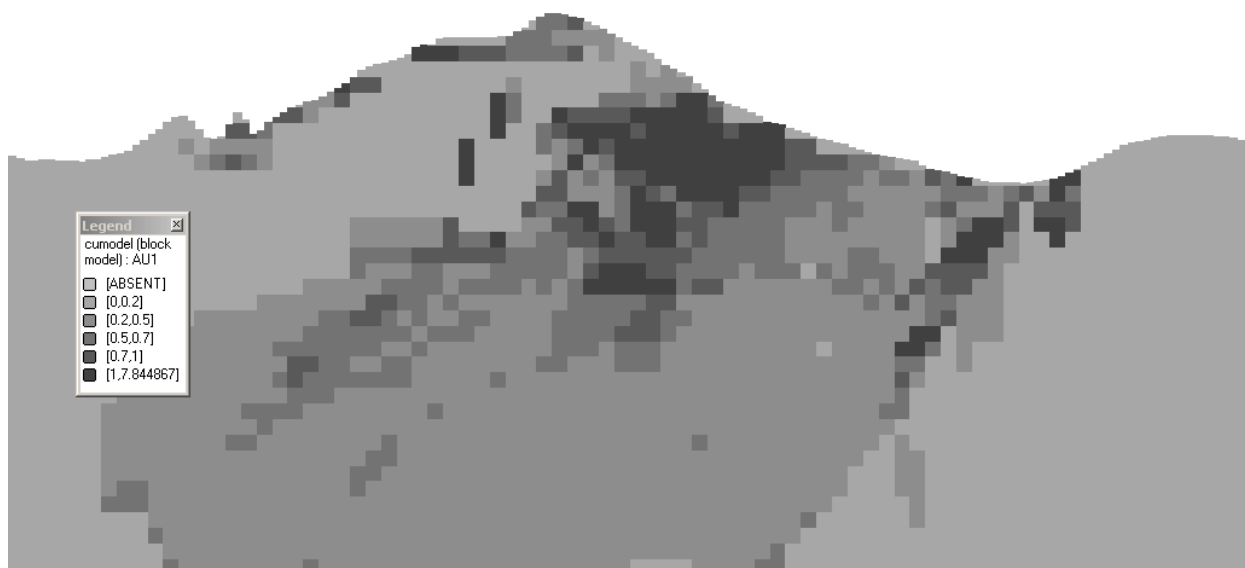


Рисунок 3.1. Вертикальный разрез блочной модели (содержания Au)

Импорт выполняется специальной процедурой программы NPVS и включает следующие шаги:

1. Выбирается формат импортируемой модели, т.е. указывается, в какой горной системе она была создана, или текстовый формат.
2. Выбираются поля модели, которые требуется импортировать. В данном примере были выбраны поля:
 - AU и CU – продукты
 - DENSITY – плотность руд и пород
 - ROCKCODE – коды типов руд и пород
3. Указываются единицы измерения для продуктов: для AU – г/т, для CU – %. Это означает, что количество золота будет в таблицах приведено в граммах, а меди – в тоннах.
4. Устанавливается тип валюты для экономических показателей (в нашем случае - \$) и определение типов руд и пород; в нашем случае: WASTE (порода), SULF1 (богатая руда) и SULF2 (бедная руда)

После импорта модели выдается таблица с ее основными параметрами:

Input Model Statistics

Model Dimensions: nX=80 nY=120 nZ=50

Block Dimensions: X=10.00 Y=10.00 Z=10.00

Model Origin: X=4700.00 Y=10000.00 Z=1800.00

Number of cells read: 321,078

Number of subcells read: 351,853

Field assignments

Density DENSITY

Rock types ROCKCODE

Product AU (grade)

Product CU (percentage grade)

Units

Rock tonnes

Volume CuM

AU grams

CU tonnes

Создание экономической блочной модели

В этой части программа рассчитывает для каждого родительского блока импортированной модели его денежную оценку. Фундаментальную важность в вычислении ценности блока имеет решение относительно того, может ли быть отправлена на переработку минерализованная часть данного блока или нет. Если она не перерабатывается, тогда содержание этого блока будет рассматриваться как порода. Есть 4 различных условия, с помощью которых NPVS может определить принадлежность блока к руде или породе:

1. **Revenue > rehabilitation cost (Доход > затрат на восстановление)**
2. **Sum of (grades / cut-offs) > 1 (Сумма отношений для всех компонентов (Содержание/борт) > 1)**
3. **All grades > cut-offs (Содержания для всех компонентов > их бортов)**
4. **Any grade > cut-off (Любое из содержаний компонентов > своего борта)**

Первый (используемый по умолчанию) метод состоит в том, чтобы рассмотреть, превышает ли разница дохода и затрат на переработку размер затрат на восстановление. Это соответствует случаю с грузовиком, достигшим борта карьера. Если может быть получено больше денег, перерабатывая содержание грузовика, чем, просто сваливая материал как породу, то грузовик будет послан на завод. Если модель имеет только один элемент и нулевую стоимость восстановления, тогда этот результат будет тем же самым как при использовании граничного (marginal) борта, определенного программой NPVS. Этот расчетный граничный борт всегда вычисляется и сообщается. Этот метод является 'лучшим' методом, дающим самые высокие экономические ценности и для оптимальных карьеров, и для других операций с блочными моделями. Все другие методы могут произвести только более низкие экономические результаты.

Расчетный экономический борт (Cut Off) определяется программой по формуле:

Cut Off = (Затраты на добычу и переработку руды * (1+Разубоживание)) / (Цена - Затраты на продажу—Дополнительные затраты на переработку)

Если выбран любой из других методов, то возможно использовать заданный борт для каждой комбинации тип породы/ метод переработали /тип металла. Если минимальный борт не задан, то будет использоваться расчетный программой экономический борт. Для второго метода отношения (grade/cut-off) для всех компонентов складываются и, если общее количество больше чем 1, то блок рассматривается как руда.

Для 3-ьего метода, все содержания компонентов должны быть больше чем соответствующие борта. Для 4-ого метода, только содержание одного из компонентов должно быть больше чем его борта.

Причины для того, чтобы самостоятельно задавать борта могут включать в себя случаи:

- Когда блочная модель уже разубожена используемым в ней заданным бортом.
- Если используемый контроль качества руды настроен на специфический борт.
- Когда один из металлов доминирует при определении руда/порода (метод 4)
- Если при оптимизации карьера проводятся эксперименты с разными бортами.
- Когда производится сравнение с другими оценками для специфических бортов.

Денежная оценка блока определяется с помощью следующих вычислений:

1. Потенциальный доход (PR) = (Цена-Затраты на продажу)
*Извлечение*Содержание*(1- Потери при добыче)
2. Себестоимость руды (OC) = Себестоимость руды*Разубоживание*PCAF (к-т изменения затрат на переработку для разных типов руды)
3. Затраты на переработку руды (PC) = Удельные затраты* Извлечение * Содержание
*(1- Потери при добыче)

4. Экономическое бортовое содержание (ECOG) = $OC / (PR + PC)$
5. Горные затраты (MC) = Затраты на тонну горной массы * MCAF * Прирост затрат с глубиной * Число уступов
6. Если блок – руда*, то его Оценка = $PR - OC - PC - MC$
7. Если блок – порода*, то его Оценка = $-MC$
- * Разделение блоков на руду и породу производится по ECOG (или по установленным пользователем значениям бортов)

Есть два основных типа экономических моделей: модель затрат и модель прибыли. Модель затрат имеет три денежных поля: Revenue (Доход) от продажи продуктов, содержащихся в блоке, Горные затраты, и Затраты на Переработку. Модель прибыли имеет только поле Revenue, и это поле содержит чистый доход, полученный от добычи и переработки руды блока. Если Вы в будущем хотите использовать экономическую модель для создания оптимальных календарных графиков, то Вам потребуются показатели затрат, а, следовательно, - первый тип модели.

Цены на продукты будут заданы следующим образом:

Product	Price	Selling cost
AU	8.68	1.22
CU	2094.34	0.00

В данной модели содержание продукта AU выражается в граммах на тонну, так что цену на золото нужно указать за грамм. Содержание продукта CU выражается в процентах (от тонны породы), и поэтому цену на медь необходимо указать за тонну.

Затраты можно указывать несколькими способами: на тонну добытой горной массы, на тонну обогащенной руды или на грамм/унцию/фунт/короткую тонну/метрическую тонну (gram/oz/lb/ton/tonne) извлеченного продукта. Затраты на продажу "selling cost" - это сумма всех затрат, которые указаны в пересчете на массу извлеченного продукта. Эти затраты могут включать затраты на плавление, аффинаж, маркетинг, административные затраты (G&A) и роялти. В данном проекте административные затраты приведены в унциях извлеченного золота; мы вводим эти затраты (\$38 на унцию = \$1.22 на грамм) как "Selling Cost", так как они не связаны с самим процессом извлечения золота.

Средние затраты на добычу 1 т горной массы указываются как сумма всех затрат - \$0.62 плюс удельные капитальные затраты - \$0.08. Там же вводятся параметры разубоживания (dilution) и извлечения при добычи (Mining recovery).

Параметр	Значение
Mining cost	0.70
Mining dilution	0
Mining recovery	100

Различные затраты на добычу разных типов горной массы задаются с помощью коэффициентов Mining CAF (MCAF), которые представляют собой отношение этих специфических затрат и затрат на добычу 1 т горной массы. Так, для породы MCAF = 1, для руды SULF1 и SULF2 - 1.186. , Увеличение затрат с глубиной карьера установлено как 0.01 \$/т/уступ, начиная с номера уступа (сверху – вниз): 20, 24 и 26 для породы, руды SULF1 и SULF2 соответственно.

Затраты и параметры обогащения указываются отдельно для каждого типа горной массы. Если для какого-либо типа не будет определен метод обогащения, этот тип будет рассматриваться как пустая порода.

Для типа руды SULF1 устанавливается:

Тип переработки – Mill (флотация)

Затраты на обогащение 1 т руды – \$3.63 (\$3.34 фабричные затраты + \$0.29 удельные капитальные затраты)

Извлечение для AU - 0.91, для CU – в виде логического выражения:
 $\text{if}(\text{CU} < 0.2, 4.4 * \text{CU}, 0.88)$

Дополнительные затраты (металлургия + аффинаж) для AU – 0 (были введены выше, как затраты на продажу, т.к AU извлекается только в процессе флотации), для CU – \$176.34 на тонну чистой меди.

Для типа руды SULF2 устанавливается:

Тип переработки – Leach (кучное выщелачивание)

Затраты на обогащение 1 т руды – \$1.29 (\$1.24 фабричные затраты + \$0.05 удельные капитальные затраты)

Извлечение для AU - 0.0 (золото здесь не извлекается), для CU – 0.63

Дополнительные затраты (металлургия + аффинаж) для AU – 0, для CU – \$308.65 на тонну чистой меди.

В результате расчетов будет создана (точнее, модель будет модернизирована) экономическая блочная модель со следующими параметрами:

Number of ore blocks (Число рудных блоков)	52,650
Number of waste blocks (Число блоков породы)	268,428
Total ore (Всего руды)	131,707,637 tonnes
Total waste (Всего породы)	547,988,944 tonnes
Total ore value (Общая прибыль для руды)	330,189,014 \$
SULF1 (Богатая руда)	84,106,847 tonnes
SULF2 (Бедная руда)	47,600,790 tonnes
SULF1-AU insitu (Золото в богатой руде в массиве)	56,641,657 grams
SULF2-AU insitu (Золото в бедной руде в массиве)	25,565,282 grams
SULF1-CU insitu (Медь в богатой руде в массиве)	206,365 tonnes
SULF2-CU insitu (Медь в бедной руде в массиве)	97,144 tonnes

На рисунке 3.2. показаны контуры начальной топографии. Экономические бортовые содержания, рассчитанные программой:

SULF1: AU = 0.53 г/т, CU = 0.21%

SULF2 CU = 0.11%

По этим граничным параметрам горная масса была разделена на руду и породу.

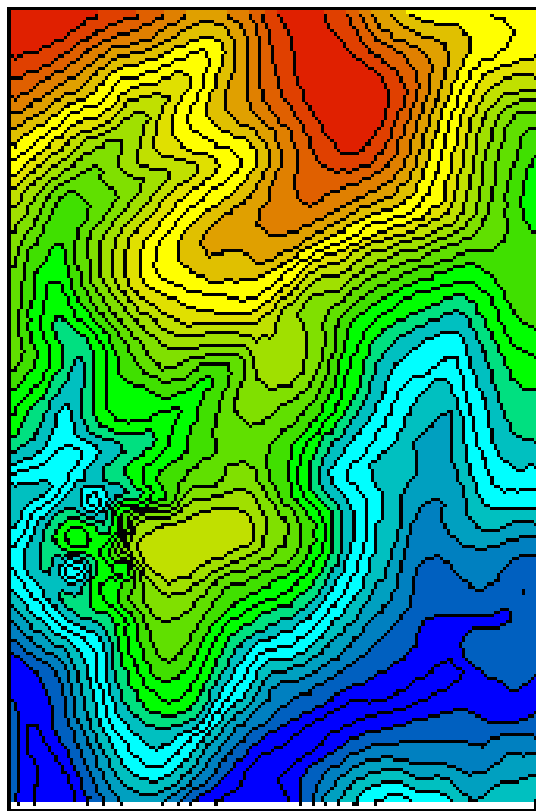


Рисунок 3.2. Контуры начальной топографии участка

Оптимизация конечных контуров карьера

Окончательный карьер, который приводит к самому высокому суммарному потоку наличности (cashflow) определяется программой на созданной экономической блочной модели с учетом заданных углов наклона борта карьера.

Кроме основного варианта определения карьера с максимумом cashflow (Алгоритм Лерча-Гроссмана), обычно также определяется множество промежуточных оболочек карьера (shells). Каждая из этих оболочек представляет собой альтернативный максимальный (по cashflow) карьер, для которого один из экономических параметров отличается от основного первоначального значения. Этими параметрами могут быть:

- Прибыль
- Цена
- Горные затраты

Полученный набор промежуточных оболочек важен для выбора альтернативных оптимальных карьеров, для генерации последовательности отработки запасов и для установления границ этапов отработки (pushback). Для всех блоков в окончательном карьере также рассчитывается идеализированная оптимальная последовательность извлечения (OES). Эта OES стремится достигать самого высокого возможного, дисконтированного cashflow, основанного на заданной норме дисконтирования и производительности переработки руды.

Структура оболочек, созданных внутри Окончательного карьера, используется как основание для расчета OES, однако, если OES оптимизируется по критерию максимума NPV, то каждая оболочка рассчитывается, чтобы достичь самого высокого суммарного cashflow для измененных экономических параметров.

Может произойти так, что некоторые блоки к концу предельного карьера не могут добавить что-то существенное в суммарный DCF, и тогда меньший (предыдущий) карьер скорее, чем окончательный может быть выбран в качестве предельного.

Определение формы и размеров предельного карьера может производиться не только с использованием алгоритма Лерча-Гроссмана. Другие возможные варианты контроля оптимизации окончательного карьера включают в себя:

- Дополнительное дисконтирование для уступов с увеличением глубины карьера
- Максимизация ресурсов, содержащихся в окончательном карьере (это наиболее подходит для отработки очень ценных полезных ископаемых)
- Использование уже спроектированной оболочки карьера – оптимизация производит только внутренние этапы отработки

Углы откоса бортов карьера могут задаваться:

- с помощью азимутов направлений на всю глубину карьера
- с помощью азимутов направлений отдельно для 2-х зон по вертикали (например, для окисленных и первичных пород)
- использованием замкнутых объемов (регионов) на планах и разрезах и заданием разных множеств углов для каждого региона

Углы наклона между определенными азимутами интерполируются. Если нет никаких управляющих физических данных о регионах (импортированные или созданные интерактивно периметры или поверхности), то только первые два метода могут использоваться.

Для карьера могут быть определены два типа границ:

- Локальные ограничения карьера (могут быть сложными, связанными с затратами и ограничениями по глубине),
- Глобальные границы

Местные границы карьера могут быть любыми многоугольниками, в пределах которых создание окончательного карьера будет запрещено. Для этих границ могут также быть применены заданные глубины. Кроме того, затраты, связанные с перемещением этих границ (при необходимости горных работ в их пределах), могут также быть учтены в процессе оптимизации. Такие ограничения обычно используются, чтобы оградить завод, здания, реки или дороги от горных работ.

Глобальная граница - это набор X-Y границ, за пределами которых карьер не может быть создан. Даже если определен сложный многоугольник, то он будет превращен в прямоугольник, основанный на максимальных X-Y размерах многоугольника.

Для нашего примера выберем метод Лерча-Гроссмана и создание промежуточных оболочек с помощью увеличения цены металлов на 1% для каждой оболочки, от 0 до 100% (базовые цены). Углы откоса бортов карьера на всю его глубину зададим следующим образом:

Azimuth (Азимут, град.)	Slope (Угол, град)
012	41
093	43
128	44
145	41
280	40

Для расчета оптимальной последовательности извлечения блоков по критерию максимума NPV введем параметры:

Параметр	Значение

Annual discounting (Учетная ставка, %)	10
Average ore output rate (Производительность по руде, т)	006,000,000
Per (период, дней)	365

Эти параметры не оказывают никакого влияния на вычисление окончательного контура карьера по методу Lerchs Grossman и используются только для определения.

В данном примере мы определим зоны, которые исключаются из будущего карьера, т.к. там планируется разместить рудные склады и отвалы. Границы этих зон введены в виде периметров в AutoCad и импортированы в программу NPVS. С помощью специальных опций они будут использованы в процессе оптимизации карьера.

В результате запуска программы оптимизации был рассчитан предельный карьер со следующими характеристиками:

Number of blocks in pit (Число блоков в карьере)	49,584
Total ore (Всего руды)	60,542,909 tonnes
Total waste (Всего породы)	49,807,864 tonnes
Profit (Прибыль)	199,528,445 \$
Revenue (Доход)	513,189,048 \$
Processing costs (Затраты на переработку руды)	221,028,933 \$
Mining costs (Затраты на добычу руды)	92,631,669 \$
NPV estimates (Оценки NPV*)	100,718,044 - 147,655,282 \$
SULF1 (Богатая руда)	50,767,551 tonnes
SULF2 (Бедная руда)	9,775,358 tonnes
SULF1-AU (insitu) (Золото в богатой руде в массиве)	34,312,527 grams (0.676 g/t)
SULF2-AU (insitu) (Золото в бедной руде в массиве)	6,360,576 grams (0.651 g/t)
AU (total insitu) (Золото всего)	40,673,103 grams
SULF1-CU (insitu) (Медь в богатой руде в массиве)	141,855 tonnes (0.279%)
SULF2-CU (insitu) (Медь в бедной руде в массиве)	25,257 tonnes (0.258%)
CU (total insitu) (Медь всего)	167,112 tonnes
Strip ratio (К-т вскрыши, т/т)	0.82
Estimated mine life (Время раюлты карьера, лет)	10.09 years

* Меньшая цифра соответствует наихудшей последовательности отработки, когда каждый следующий уступ обрабатывается только после окончания отработки вышележащего. Большая цифра соответствует оптимальной последовательности извлечения блоков.

На рис.3.3. видно, что карьер не «нарушил» заданные нами границы складов и отвалов.

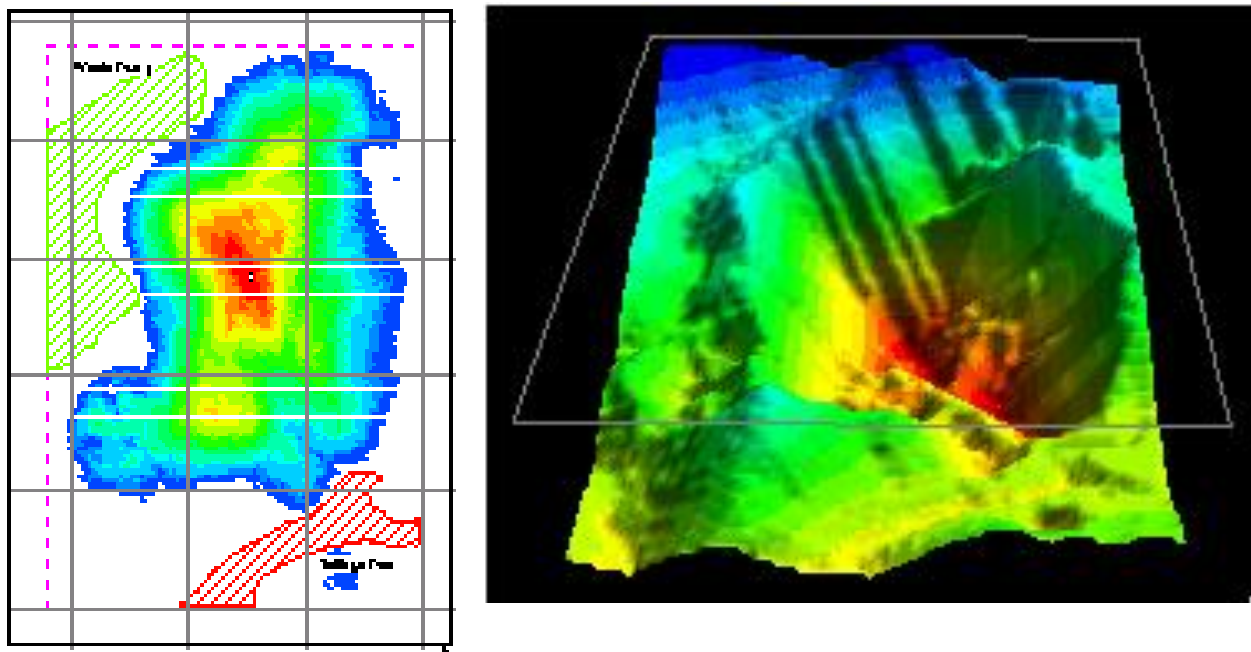


Рисунок 3.3. Вид предельного карьера в плане и в 3D

Кроме вышеприведенных изображений могут быть получены планы и разрезы по блочной модели карьера (блоки внутри оболочки карьера). Там можно настроить легенду для рассматривания любого показателя модели, а также получить полную информацию о любом блоке.

Опция создания графиков NPVS позволяет получать разносторонние графики (в т.ч. – кумулятивные) по любым показателям. На рисунках 3.4 и 3.5. показаны такие графики для промежуточных оболочек карьера (с 10% приращением цены) и оптимальной последовательности извлечения блоков. Предельный карьер может быть также изображен в виде контуров (Рис.3.6.)

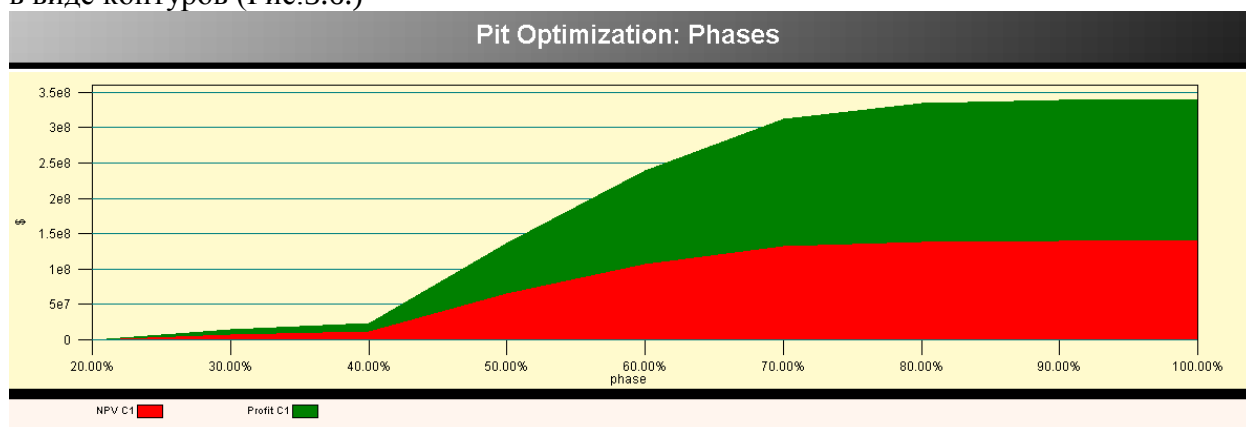


Рисунок 3.4. Кумулятивный график NPV и Прибыли при увеличении цены металлов от 20 до 100% (базовый вариант)

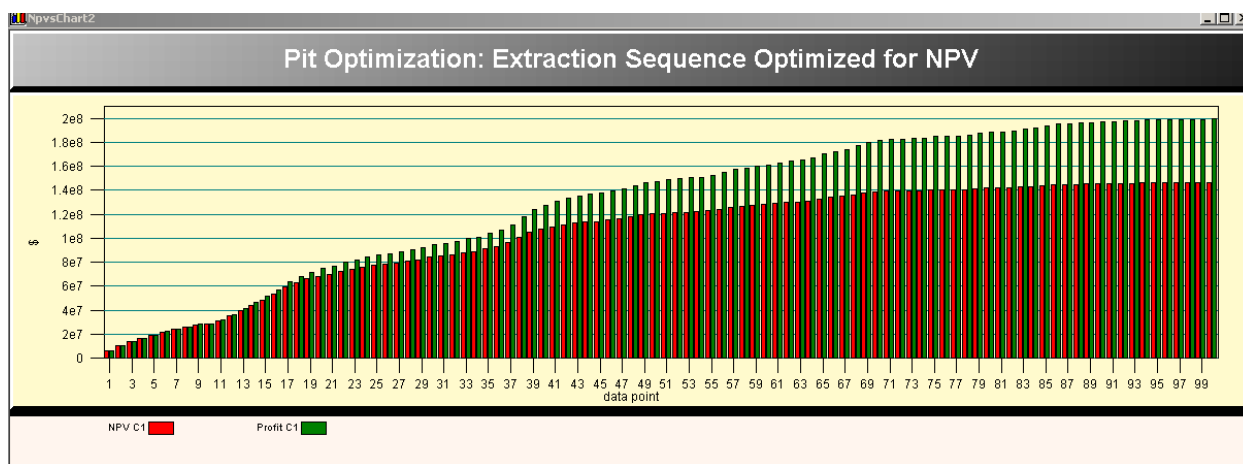


Рисунок 3.5. Кумулятивный график NPV и Прибыли для оптимальной последовательности извлечения блоков

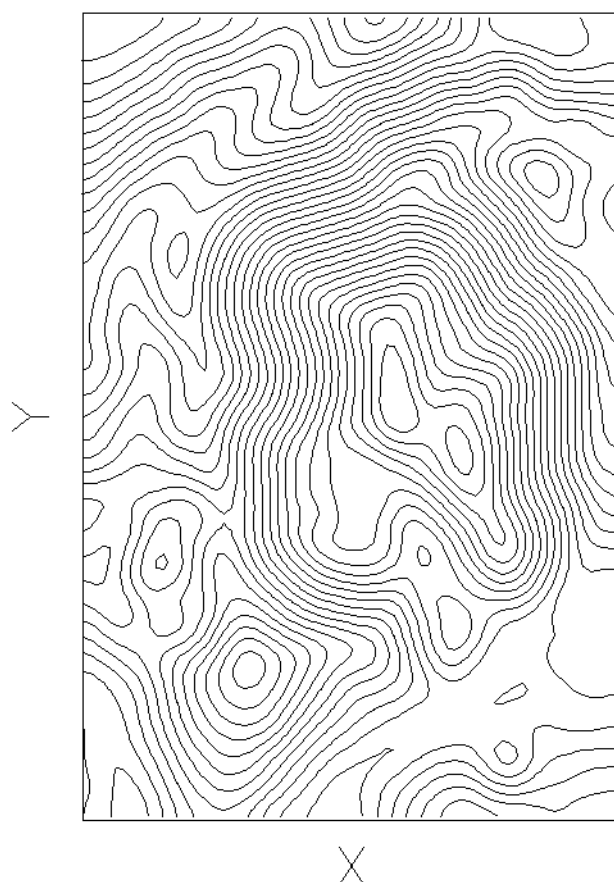


Рисунок 3.6. Предельный карьер в виде контуров.

Кроме того, может быть выведена исчерпывающая табличная информация об изменении всех доступных параметров карьера, как по оболочкам, так и по оптимальной последовательности извлечения. Там же приводится полная информация об извлекаемых запасах руды по уступам карьера.

При исследовании таблиц, они могут быть скопированы и перемещены в Excel для оформления множеством графических способов. Типичные графики, которые особенно полезны для анализа результатов оптимизации (рис. 3.7.), включают:

- Поток наличности/NPV - Оболочки или Последовательность
- Руда/Порода – Цена металлов
- К-т вскрыши - Цена металлов

- Затраты на ед. металла – Количество металла

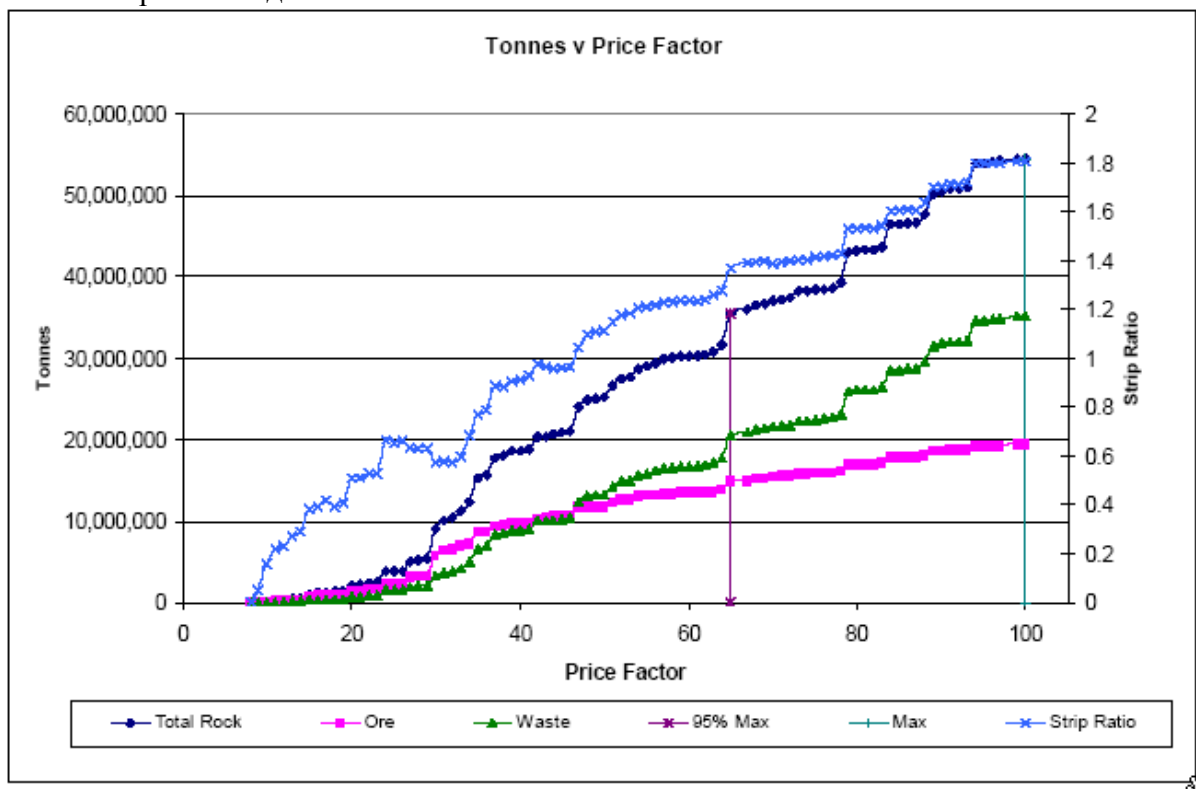


Рисунок 3.7. Пример графика горная масса/Руда/Порода/К-т вскрыши – Цена металлов (%), выполненного в Excel.

Выбор предельного карьера

Предельный карьер обычно выбирается из полученных промежуточных оболочек согласно определенным корпоративным целям. Эти цели могут весьма отличаться для разных горных компаний, стадии разведки месторождения и определенных финансовых ограничений для рассматриваемого проекта. Большинство компаний используют критерии оценки 3-х основных типов:

1. Поток наличности = Доход - Затраты
2. Время – NPV, IRR
3. Низкий Риск, например, за счет снижения срока окупаемости или низких капитальных затрат

Часто используется цель - максимизация ценности проекта в расчете на тонну руды, или на единицу произведенного металла. Связанные с NPV цели могут требовать расчета реалистичных графиков производства, что на ранних стадиях оптимизации может быть затруднено. Еще одно неудобство использования NPV в качестве критерия - то, что границы карьера могут быть очень чувствительны к величине учетной ставки и текущим ценовым предположениям. Другие критерии, которые часто применяют для этих целей:

- Максимальные граничные затраты
- Максимум производства металла
- Максимальная однородность руды

Критерий предельной себестоимости предполагает такие границы карьера, при которых не может быть добыта никакая руда, если производственные затраты будут больше этой граничной себестоимости. Обоснование величины этой предельной себестоимости связано с приемлемым риском. Использование этого критерия, по крайней мере, для единственного металла позволяет рассмотреть зависимость ресурсов руды карьера от затрат. Такие критерии требуют расчета общих затрат на единицу проданного металла, для ряда стадий оптимального карьера.

Часто окончательно выбранный предельный карьер соответствует или близок к нескольким различным целям, например, приемлемый NPV в пределах граничных затрат на унцию металла, а также максимальный перевод ресурсов в запасы руды.

Производительность по металлу также может быть очень важна в терминах кредитов и других финансовых параметров, связанных с проектом. Максимальная однородность рудопотока (усреднение) может зависеть от компонентов, поступающих из других карьеров и/или складов.

Минимизация риска требует нескольких запусков оптимизации при изменении ключевых входных параметров, типа цен и затрат.

Оптимизация существующего карьера

Часто полезно переоптимизировать карьер в пределах уже спроектированного «существующего» карьера, когда его внешняя поверхность не должна изменяться. Однако, эта процедура будет создавать промежуточные оболочки карьера и оптимальную последовательность извлечения (OES). Причиной для такого выбора является необходимость:

- быстрой оценки уже спроектированного карьера
- определения этапов отработки и календарного плана для спроектированного карьера
- рассчитать OES для последующего календарного планирования
- проверить разные критерии для создания промежуточных оболочек карьера

Для использования метода существующего проекта надо просто указать имя файла требуемой поверхности (файл .asc в формате NPVS). Если такой файл создан в другой программе, то он импортируется с использованием доступных драйверов.

Если цель оптимизации состоит в том, чтобы получить карьер, который выполняет корпоративные цели, тогда использование фактического проекта - один из финальных этапов общей системы оценки и оптимизации запасов, приведенной ниже:

1. Начальная оптимизация карьера по экономической блочной модели.
2. Проект карьера с дорогами, бермами и т.д., на основе предельного карьера в одной из горных систем.
3. Уточнение углов бортов карьера из полученного проекта.
4. Переоптимизация карьера на основе более точной информации.
5. Повторение шагов 2-4, до получения окончательного проекта.
6. Оптимизация промежуточных оболочек карьера внутри фактического проекта.
7. Создание этапов отработки и календарное планирование.

На второй стадии создается реальный карьер, который включает дороги, уступы и различные конфигурации бERM/уступов. На этом этапе требуется грубая оценка дополнительного тоннажа, чтобы оценить пропускную способность дорог и дополнить их при необходимости.

Сглаживание начального оптимального карьера с оценкой ряда быстрых и приблизительных вариантов размещения дорог, позволит намного лучше понять чувствительность этих районов к расположению там дорог. Таким образом, может быть получен более детальный проект дорог, бERM и уступов, а изменение реальных углов наклона бортов в разных направлениях скорее всего приведет к несколько отличающимся величинам, чем в процессе первоначальной оптимизации.

Поэтому, если позволяет время, лучшим выбором здесь будет новый запуск оптимизации, используя пересмотренные (более точные) углы наклона. Его результаты могут затем использоваться как основание для дальнейшего, более детального проекта. Могут потребоваться несколько таких итераций, но они могут принести существенные усовершенствования экономической ценности заключительного проекта.

Определение границы перехода на подземные работы

Для проектов, где рассматриваются и открытая, и подземная отработка, экономика подземной добычи может влиять на предельные границы карьера. Окончательный карьер при наличии подземной альтернативы получается изменением экономических параметров блоков, используемых для оптимизации, следующим образом:

новая оценка = оценке блока при открытой отработке - оценка блока при подземной отработке

Чтобы рассмотреть подземную альтернативу в NPV Scheduler, Вы должны определить, по крайней мере, один дополнительный метод переработки, по крайней мере, для одного типа руды, предусматриваемой к добыче подземным способом.

«Подземные» методы переработки используются, чтобы вычислить оценки блоков при их подземной отработке. Программа оптимизации карьера использует эти оценки при вычислении предельного карьера и стадий его отработки. Обратите внимание, однако, что для статистики используются только оценки блоков, добытых в карьере, поэтому в таблицах и на графиках показываются истинные карьерные статистические данные.

Если блок содержит породные и рудные подячейки, то только рудные подячейки принимаются для подземной отработки.

Затраты на добычу игнорируются при вычислении "оценки блока, при его подземной отработке", так что Вы должны включить все затраты на подземную отработку в затраты на переработку руды, добытой подземным способом.

Следующие параметры игнорируются в вычислениях "оценки блока, при его подземной отработке":

- факторы (коэффициенты) изменения затрат на добычу и переработку руды в зависимости от их расположения в модели (MCAF, PCAF), когда они импортированы с блочной моделью,
- факторы (коэффициенты) изменения затрат на добычу в зависимости от типа породы,
- разубоживание и потери руды при добыче
- затраты на восстановление (rehabilitation cost).

Если только отдельные блоки (подячейки) предусматриваются для подземной отработки, то Вы должны назначить отличающийся от других тип породы для этих подячеек и определить особый метод переработки только для этого типа породы (руды).

Если после задания метода переработки руды, добытой подземным способом, и создания экономической модели Вы желаете проигнорировать подземную альтернативу при запуске Оптимизационной программы, то откройте диалог Ultimate Pit Settings Options и проверьте кнопку Ignore в группе "Underground processing option".

3.3. Оптимизация этапов отработки запасов месторождения

Следующий этап оптимизации карьера – разделение его «жизни» на примерные этапы отработки (pushbacks). Программа автоматически генерирует такие этапы, разделяя и переопределяя последовательность извлечения, используя критерий максимума NPV. Программа исследует блоки, включенные в ранее рассчитанную последовательность извлечения, и объединяет их в пространственно связанные наборы, которые далее настраиваются так, чтобы гарантировать оптимальность и выполнение всех заданных условий.

Проще говоря, эта операция будет создавать серию **реальных** промежуточных оболочек карьера с временно нерабочими бортами, имеющими максимальные разрешенные углы откоса.

Для каждого этапа определяется минимальное количество руды и максимальная глубина. Для всех этапов могут быть определены те же самые параметры.

Другая опция определяет, должен ли каждый следующий этап формировать смежный объем с предыдущим или они могут располагаться в разных местах карьера (ов). Также может быть определена минимальная ширина горного пространства между смежными этапами и минимальное количество блоков модели, которое может создавать отдельный этап.

Для больших карьеров, этапы могут логически быть спроектированы так, чтобы они совпадали с периодами делового риска. Ширина этапа в плане очень важна, поскольку она определяет количество вскрыши, которая должна быть удалена, чтобы вскрыть требуемое количество руды. Кроме того, более широкий этап может увеличить эффективность взрывных работ и ширину рабочих площадок.

Есть 3 различные способа, которыми могут быть настроены (и/или произведены) этапы обработки карьера:

1. Импортирование существующих поверхностей из внешних источников, где они были созданы.
2. Использование в качестве этапов некоторых произведенных в процессе оптимизации промежуточных оболочек карьера.
3. Использование инструмента **Adjust**, чтобы отредактировать предварительно произведенные этапы.

Инструмент Adjust предлагает следующие возможности:

- Показ созданных этапов в отдельных окнах
- Настройка контролирующих этап периметров
- Различные типы граничных периметров

Как только этапы будут созданы, то каждый этап может быть рассмотрен в программе Adjust в отдельных окнах экрана. Затем этапы могут быть настроены по требованию пользователя и/или с помощью импорта граничных периметров, которые могут использоваться, чтобы управлять размерами и формой этапов одним из следующих способов:

1. Глобальные границы для этапа в плане и на глубину
2. Локальная граница по глубине
3. Локальная граница для включения блоков
4. Локальная граница для исключения блоков

Для каждого этапа могут быть определены разные типы границ для использования в течение последующей генерации этапов. Это позволяет контролировать процесс создания этапов и развития карьера. Процедура может быть интерактивной, так что границы и параметры этапов могут быть существенно улучшены.

Границы могут также использоваться, чтобы управлять окончательной формой карьера. В частности, локальные границы могут помогать избежать чрезмерно маленьких опусканий дна карьера и наоборот.

Для нашего примера установим следующие параметры генерации этапов обработки карьера.

Параметр	Значение
Maximum number of pushbacks to generate (Максимальное число этапов)	10
Access space (Минимальное расстояние между соседними этапами, м)	30
Minimum number of blocks in a remnant (Минимальное число блоков в этапе)	200

Минимальный размер этапа установлен для MillOre (богатой руды первого типа) = 4,000,000 тонн.

Данными установками мы задали программе создать до 10 этапов, в каждом из которых будет не менее 4000000 тонн богатой руды для фабрики, с минимальной шириной доступа 30 метров. Любые оставшиеся области модели внутри карьера, содержащие менее 200 блоков (около 500000 тонн), будут объединены с соседним пушбэком.

В результате этих расчетов блочная модель предельного карьера будет дополнена полем PUSHBACK, которое для каждого блока определяет номер этапа, к которому принадлежит данный блок. Разрез такой модели, раскрашенный по номеру этапа, показан на рис. 3.8. Изменение объемов горной массы (Rock), руды (Ore) и породы (Waste), а также NPV по этапам показано на рис. 3.9.

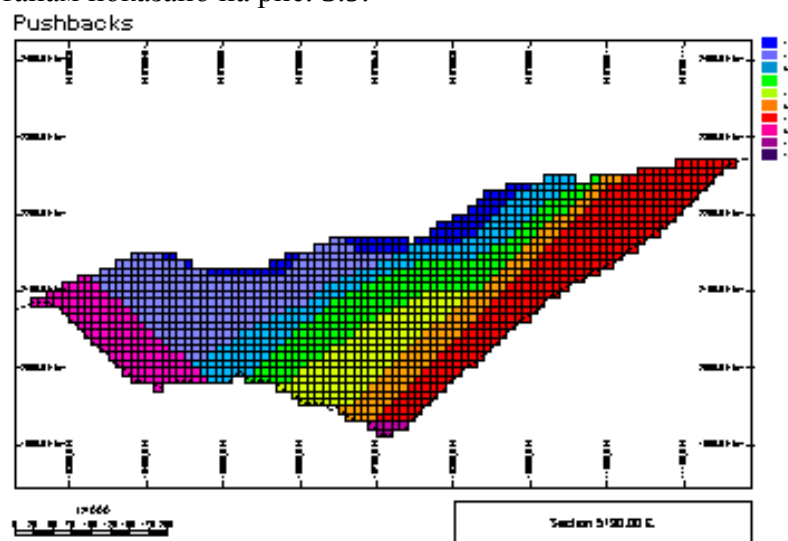


Рисунок 3.8. Вертикальный разрез модели предельного карьера.

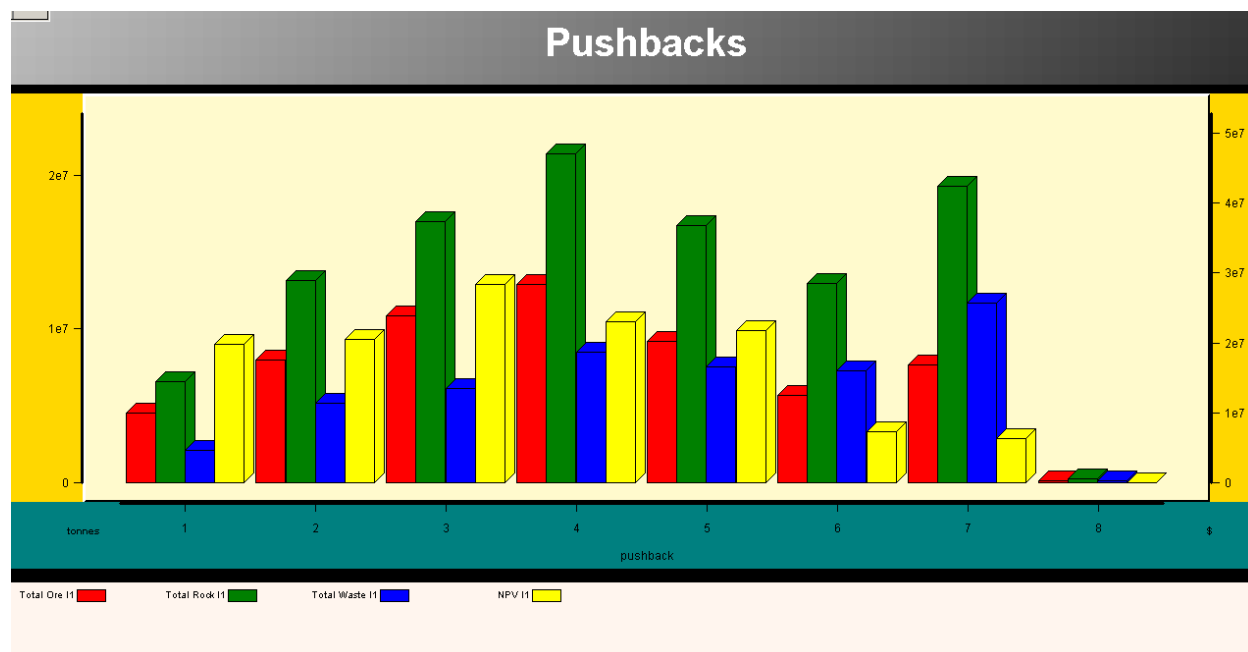


Рисунок 3.9. График изменения основных показателей карьера по этапам

3.4. Оптимизация календарного плана горных работ

Календарное планирование запускается для предварительно произведенных этапов отработки карьера. Первый шаг связан с определением целей планирования, которые могут быть связаны с содержаниями, тоннажами и/или часами работы грузовиков. Для заданных периодов производства (по умолчанию - годы) должна быть определена требуемая производительность по руде. Заключительный шаг настройки процесса должен определить, как горные работы будут развиваться между различными этапами. После такой настройки может быть создан производственный график, в котором программа будет стремиться выполнить все установленные цели и максимизировать NPV. В итоге будет произведена блочная модель, содержащая новые поля графика, а также различные графические и табличные данные.

Каждая требуемая цель планирования должна быть определена в виде формулы, как сумма (например, полный доход в год) или как отношение каких-то величин (например, к-т вскрыши). Затем указывается требуемая величина показателя цели, которая может отличаться для различных периодов времени, а также - минимальная и максимальная границы цели, которые все еще могут рассматриваться как приемлемые.

Производительность карьера может быть задана по любому типу горной массы или конечного продукта, а также их комбинации. В этом диалоге имеется список всех доступных типов горной массы и продуктов. Также могут быть сделаны изменения в производительность и периоды планирования.

Кроме числа этапов, которые могут обрабатываться в один и тот же плановый период, может также быть задана глобальная относительная производительность для этапов с помощью определения скорости углубки (количество уступов на период) для каждого этапа. В процессе расчетов может контролироваться стартовый период для каждого этапа, как и взаимозависимости между этапами.

Целевые переменные определяются как **сумма** параметров:

$$V = Ax + By + Cz + \dots$$

Или как их **отношение**:

$$V = (Ax + By + Cz + \dots) / (Dx + Ey + Fz + \dots)$$

Где A, B, C и т.д - определенные пользователем коэффициенты, а x, y, z и т.д - атрибуты блока, содержания или тоннажи (поля, имеющиеся в модели). Каждый этап одновременно обрабатывается только одним уступом. Среднее содержание каждого уступа в пределах этапа применяется при рассмотрении заданных целей, связанных с содержанием.

Оптимизатор программы стремится создать график, который выполняет все определенные цели, а также как достигает максимума NPV. Это делается с использованием **динамического программирования**. Программа создает не один, а несколько альтернативных графиков, в т.ч.: график, максимизирующий NPV, а также графики, лучше всего достигающие каждую из целевых переменных. Эти графики могут быть почти идентичны, если используются строгие границы. Если невозможно создать графики в пределах заданных границ, тогда границы автоматически раздвигаются, и оптимизация графика делается повторно. Этот цикл создания графика и ослабления границ может повторяться несколько раз. Заключительное сообщение всегда включает информацию о том, было ли выполнено только планирование или же границы были также расширены.

Главный физический контроль над созданием графика осуществляется через этапы. Если, например, определен поуступный лаг = 2, то в пределах любого одного периода, этап 1 не может быть продвинут ниже этапа 2 больше чем на 2 уступа. Поэтому задание этих лагов будет косвенно управлять вертикальной скоростью углубки карьера(м./год).

Если лаги не определены (=0), то оптимизатор может достигать любой скорости углубки, когда это необходимо для максимизации NPV. Однако, если уступный лаг определен, то маленький лаг приведет к меньшей скорости углубки, т.к. график будет сильнее ограничен по вертикали. Заданные этапы могут также контролироваться определением их точного стартового периода времени.

Отдельные графики производится для критерия максимум NPV (по умолчанию) и для каждой целевой переменной. Выходная модель в дополнение к полям PHASE, SEQUENCE и PUSHBACK будет содержать поля, описывающие время извлечения данного блока для каждого критерия. Например, если есть единственная цель STRIP, то будут произведены два графика: NPV и STRIP, с дополнительными полями:

- NPV_TA Начало отработки
- NPV_TB Конец отработки
- STRIP_TA Начало отработки
- STRIP_TB Конец отработки

Для каждой цели создается два поля, т.к. горная масса одного уступа в этапе может быть добыта более чем в одном периоде времени.

Наш предельный карьер содержит примерно 50 млн. тонн руды, посылаемой на фабрику (SULF1), и при производительности фабрики 14000 тонн в день срок службы предприятия почти 10 лет. Наша первоочередная цель - подавать на фабрику 14000 тонн руды в день. Нам также нужно поддерживать в разумных пределах общие объемы добычи горной массы. Мы можем добиться этого, поддерживая постоянное соотношение (Пустая порода + Бедная руда)/(Богатая руда для фабрики). Этот показатель здесь назван коэффициент добычи (mining ratio).

Для данного упражнения мы используем следующие цели и задачи:

- Довести поступление руды SULF1 на обогатительную фабрику до ее максимальной мощности, равной 14000 т/день(5,110,000 тонн в год).
- Максимальный объем добычи горной массы должен составлять 32,200 тонн в день, а целевая производительность 31,500 тонн в день.

Суточный объем добычи горной массы (Waste+Leach+Mill) равный 32,200 т соответствует "mining ratio" (коэффициенту добычи) $((\text{Waste}+\text{Leach})/\text{Mill}) = 1.30$. Он сходен с коэффициентом вскрыши, но мы добавляем здесь для подсчета коэффициента добычи выщелачиваемую (бедную) руду к "waste" (пустой породе).

Установим годовую производительность добычи руды SULF1 равной 5,110,000 т (максимальная производительность фабрики).

Определим целевую переменную MiningRatio в виде формулы:

$$\text{MiningRatio} = 1*\text{Rock}+(-1)*\text{SULF1}/ 1*\text{SULF1}$$

Установим значения целевую переменную:

End time (Конечный период)	Target (Цель)	Minimum	Maximum
100	1.25	0.0	1.30

Если потребуется, то цель можно менять от периода к периоду. Используя конечное время, равное 100 периодам, мы поставили только одну цель, которая относится ко всему сроку службы рудника. Мы определили здесь только одну цель, хотя могли задать любое их количество, например, однородность руды, содержание в руде или производство конечного металла (ore blend, grade, metal production).

После запуска программа использует метод динамического программирования, чтобы построить "дерево" возможных решений, а затем сужает его до тех пор, пока не будет найдено оптимальное решение. Не обязательно будет существовать решение, одновременно удовлетворяющее всем целям; также не обязательно будет хотя бы одно возможное решение, но в любом случае программа сообщит Вам, чего она смогла достичь с теми ограничениями, которые вы ей установили.

В зависимости от компьютера, которым вы пользуетесь, оптимизация может занять до 20 минут и более. Время вычисления трудно предсказать, так как оно зависит от многих факторов. Например, даже небольшое изменение геометрии этапов может значительно увеличить или уменьшить время вычисления. Установки в окне Options могут также оказывать значительное влияние на время поиска оптимального решения.

После успешного окончания работы Вы сможете рассмотреть блочную модель карьера на планах и разрезах, построить различные графики (рис. 3.10.), провести анализ табличного (табл. 3.2.) материала (статистика по всем технико-экономическим показателям по годам и по каждому уступу карьера для каждого года отработки). На рис. 3.11. показан вид карьера на конец 5-го года отработки.

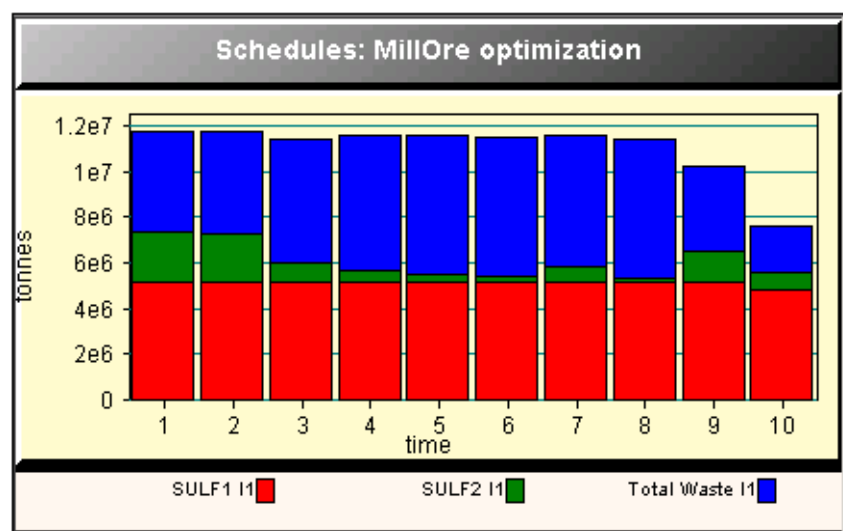


Рисунок. 3.10. Объемы добычи разных типов руды и породы по годам.

Таблица. 3.2. Пример части выходной таблицы календарного плана.

Год	Прибыль	Доход	С/с перер.	С/с добычи	NPV	Горная масса	Руда	SULF1	SULF2	Порода	К-т вскрыши
	тыс.\$	тыс.\$	тыс.\$	тыс.\$	тыс.\$	тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	тыс.т	т/т
1	22737	55062	22924	9401	20573	11482	6129	5110	1019	5353	0.87
2	20312	53031	23306	9413	16630	11481	6382	5110	1272	5099	0.80
3	26284	60427	24515	9628	19472	11483	7479	5110	2369	4004	0.54
4	18387	51049	23013	9649	12326	11445	6587	5110	1477	4858	0.74
5	13772	44197	20694	9731	8353	11454	5455	5110	345	5999	1.10
6	14815	46223	21581	9828	8131	11449	6067	5110	957	5383	0.89
7	26592	58012	22017	9403	13205	11441	5470	5110	360	5972	1.09
8	22179	54291	22408	9703	9966	11427	6212	5110	1102	5215	0.84
9	17080	47648	21081	9487	6944	11359	5649	5110	539	5709	1.01
10	17370	43248	19490	6389	6390	7329	5113	4778	335	2216	0.43
Всего	199528	513189	221029	92632	121989	110351	60543	50768	9775	49808	0.82

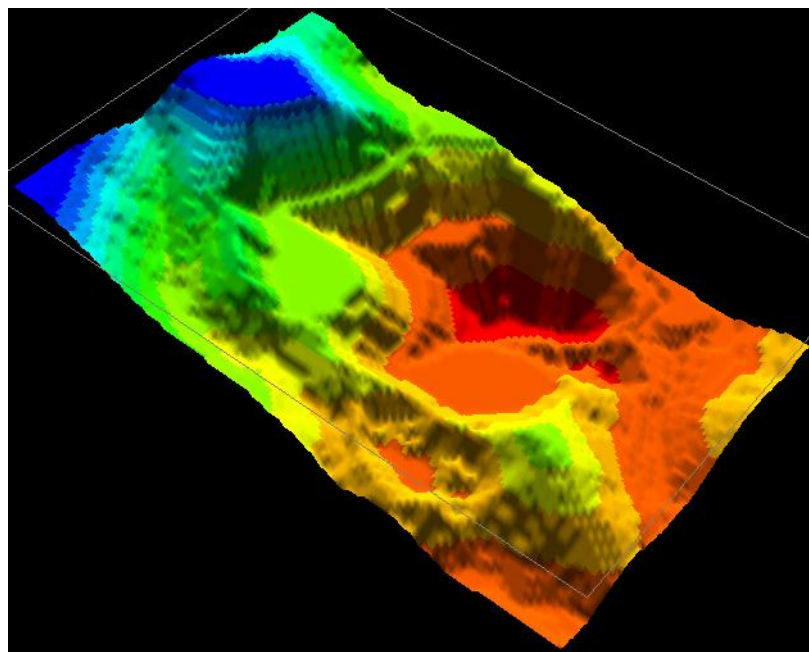


Рисунок 3.11. Вид карьера на конец 5-го года отработки.

3.5. Оптимизация грузопотоков карьера

Средства анализа перевозок в программе NPVS позволяют оптимизацию календарного графика с дополнительной установленной целью - часы работы карьерных автосамосвалов. Это - в свою очередь помогает с планированию затрат на парк самосвалов. Все расстояния перевозки горной массы в NPVS выражены как EFN (Equivalent flat haul) расстояния. Эти расстояние - длины трасс движения грузовика с тем же самым грузом на ровной дороге без уклона, равное по времени транспортированию этого же груза по дороге с заданным уклоном. Например, для полностью загруженного грузовика требуется 15 минут, чтобы проехать по холмистому маршруту от выхода из карьера до бункера дробилки, и общая длина трассы – 2 км. Однако на полностью плоском маршруте тот же самый грузовик с тем же самым грузом проехал бы за то же самое время 4 км. Наклонное расстояние в этом случае – 2 км, а EFN расстояние – 4 км.

Возможности программы NPVS позволяют определять модель для имитации перевозок (рис. 3.12.), когда для каждого блока руды или породы в карьере может быть рассчитано требуемое EFN расстояние. Другие параметры позволяют вычислить для каждого блока часы работы грузовика. Это дает возможность использовать время работы грузовика как дополнительную цель планирования.

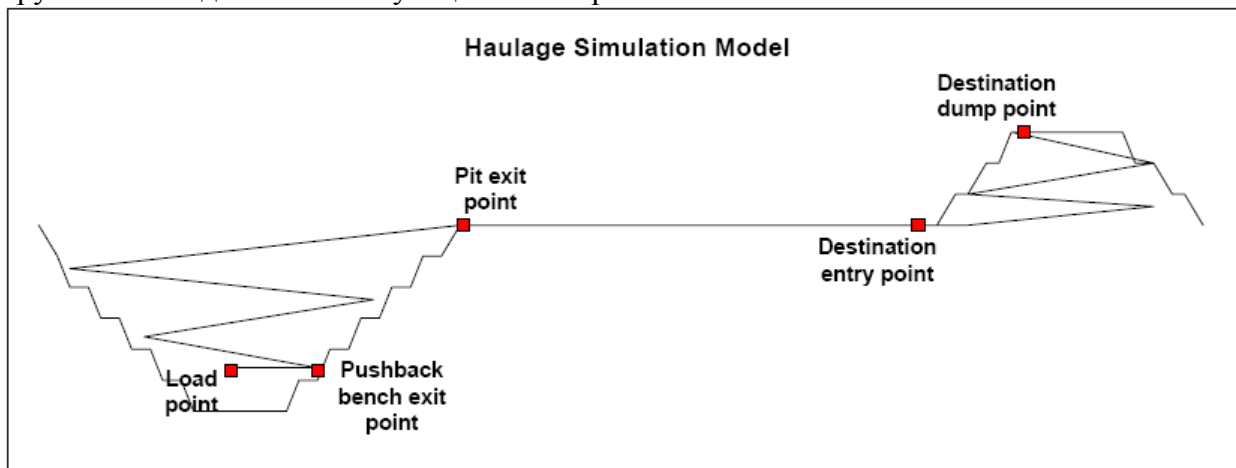


Рисунок 3.12. Схематическая модель для расчета времени работы карьерного транспорта

Первый шаг в создании модели имитации перевозок должен определить для данного карьера типовые маршруты перевозки для главных рудных и породных грузопотоков. Они задаются, как 5 главных узлов, показанных на диаграмме выше. Для большинства рудопотоков маршрут заканчивается в пункте назначения (destination entry point), который обычно бывает дробилкой или бункером.

Все EFH расстояния нужно рассчитать в оба конца, поэтому скорости для загруженного и пустого пробега должны быть усреднены. Поэтому для модели может быть до 4 различных компонентов перевозки, каждый из которых будет требовать отдельного расчета EFH. Эти части трассы могут быть обозначены как:

1. Load point - bench exit point (от точки загрузки до выезда из уступа) = Bench haul (Забойный путь)
2. Bench exit point - pit exit point (от выезда из уступа до выезда из карьера) = Ramp haul (Внутрикарьерный путь)
3. Pit exit point - destination entry point (от выезда из карьера до пункта назначения) = Surface Haul (Путь на поверхности)
4. Destination entry point - dump point (от пункта назначения до точки разгрузки на отвале) = Dump Haul (Дорога на отвале)

Забойный участок изменяется для каждого добытого блока и зависит от положения добычного забоя и трассы, по которой съезд пересекает уступ. Расстояние этого участка, в среднем, для полного уступа на данном этапе изменяется согласно геометрии этапа или уступа. Этапы подковообразной формы будут иметь в среднем более длинные забойные участки, чем этапы прямоугольной формы с тем же самым тоннажем. Эта часть трассы вносит лишь небольшой процент в полное расстояние перевозки. Следовательно, здесь должно использоваться разумное приближение, чтобы определить среднее расстояние перевозки (EFH) для каждого этапа. Оно может быть быстро определено, рассматривая поуступную модель данного этапа в плане.

Внутрикарьерный путь (P) рассчитывается просто, измерением разницы уровней от забоя до точки выезда из карьера. Это делается с помощью единственного (глобального) коэффициента уклона (Gradient Factor), который определяет межуступное EFH расстояние.

$$P = \text{Gradient Factor} * B \text{ (где } B \text{ - число уступов)}$$

$$\text{Gradient Factor} = \text{Actual Haul (Фактическое расстояние)} / \text{Bench (Уступ)} * \text{Reference Speed (Средняя скорость)} / \text{Average Ramp Speed (Скорость на уклоне)}$$

Для каждого пункта назначения и уступа должно быть определено место выезда из карьера, чтобы NPVS мог вычислить Внутрикарьерный путь.

Поверхностный путь (F), EFH от карьера до каждого входного пункта назначения постоянен и определяется непосредственно для каждого грузопотока.

Трасса на отвал (D) может быть нулем, если порода подается в дробилку, или может быть функцией тоннажа, уже определенного для этого назначения. Простое линейное отношение принято между расстоянием и тоннами породы в отвале.

Пользователь определяет **Dump Haul Factor (DHF)** (Фактор расстояния на отвале) для каждого пункта назначения для того, чтобы эта часть трассы рассчитывалась, как EFH = (Dump Haul Factor) * (Тыс. тонн в отвале). Для примера, отвал с DHF = 0.08 означает, что, когда будут заскладированы 10 млн. тонн, то EFH = 0.08*10000000/1000 = 800 м. Это отношение – сглаженная линейная функция, на каждом шаге соответствующая новому подъему, но с прямым линейным приближением, достаточным для этого типа анализа.

Пункты назначения определяются командой Define Destinations для данного предельного карьера. Если определены многократные пункты назначения для одного и

того же типа породы и процесса, то программа сначала пошлет материал по первому назначению в списке, и когда оно будет заполнено, то направит материал к следующему доступному пункту назначения.

Чтобы начать вычисления часов работы грузовиков, должна быть определена формула, типа:

$$\text{Hours (Часы)} = A * \text{tonnes (тонны)} + B * \text{meter.ktonnes (тыс.т*м)},$$

Где константы А и В зависят от:

- о Грузоподъемности самосвала
- о Коэффициента использования
- о Эксплуатационной характеристики
- о Времени ожидания в цикле

Пример:

Грузоподъемность = 100т

Коэффициента использования = 92%

Скорость загруженного самосвала = 8 км/час

Скорость порожнего самосвала = 12 км/час

Время ожидания загрузки = 13 мин

Время ожидания разгрузки = 4 мин

Модель имитации перевозки создана так, чтобы EFNs были рассчитаны в одну сторону, хотя скорости усреднены для обоих направлений. Поэтому:

Время цикла = $(0.308 + 0.217 * \text{EFN} / 1000)$ часов.

Т.к. 1 цикл эквивалентен 100 тоннам, то:

Часы работы = $(0.308 / 100) * \text{тоннаж} + (0.217 / 100) * \text{м.тыс.т}$

Поэтому, А = 0.00308 часов на тонну, а В = 0.00217 часов на тыс.т*м.

После расчета этих коэффициентов отдельно для рудных и породных грузопотоков они вводятся в диалог Define Targets (Определения целей), как уравнение производительности с коэффициентами:

- Rock - 0.00308
- Ore-m.kT - 0.00217
- Waste-m.kT - 0.00217

Примем, что один грузовик может работать 6000 часов в год, поэтому цели должны быть определены в приращениях, равных приблизительно 6000 часов. Обратите внимание, что данный выше пример устанавливает цель для полного парка грузовиков; индивидуальные целевые часы для руды и породы могут быть установлены, если подразделения парка независимы.

Чтобы проверить модель имитирования перевозки, вычислите примерное полное время работы транспорта (число грузовиков * ~6000) для каждого года, используя текущий горный план (если он доступен) и набор целей, равных запланированным часам грузовиков. Если график будет рассчитан, и он удовлетворяет поставленные цели, тогда модель перевозок действительна.

Теперь создайте новую цель для грузоперевозок с широким диапазоном (низкий Минимум, высокий Максимум), чтобы найти график, который лучше всего достигает других целей планирования. Если другие цели не установлены, тогда график максимизирует NPV. Этот график - не ограничивает в значительной степени часы работы

грузовиков, поэтому он рассчитает такие часы, которые требуются для достижения других целей. Сделайте чертеж графика часов работы грузовиков и идентифицируйте пики на кривой.

Установите соответствующие цели часов работы грузовиков для каждого периода, или для множества периодов, чтобы сгладить пики на кривой (и таким образом уменьшить число требуемых самосвалов). Имейте в виду, что область под кривой часов должна быть примерно постоянна, поэтому, понижая пик для одного периода, Вы тем самым добавляете часы к другим периодам. Целью является минимизация пикового размера парка грузовиков (минимизация полных капиталовложений) и задержка во времени расширения парка грузовиков (задержка капиталовложений), что в свою очередь приведет к лучшему NPV для проекта.

3.6. Дополнение рудных складов в систему рудопотоков

Программа Stockpiling в системе NPVS +, позволяет использовать информацию о движении руды на складах при создании календарных графиков. Кроме того, она позволяет также решение множества других задач, которые могут помочь с оптимизацией горных графиков, и которые не существуют в других частях системы. Особенности, доступные в этой программе:

- Исходные параметры могут изменяться во времени
- Создание графика, используя разные производительности (емкости) для различных типов руды
- Детальный контроль над загрузкой и разгрузкой складов
- Возможность загружать склады рудой из внешних источников
- Управление бортовыми содержаниями в рудопотоках
- Детальный контроль над содержаниями и однородностью руды.

Основные входные параметры могут быть изменены для разных периодов времени, включая норму дисконтирования, цены металлов, затраты на добычу и переработку. Любое число складов может быть определено для разных типов руды, которые могут на них храниться. Программа будет использовать в планировании руду, имеющуюся на складах, а также руду, поступающую непосредственно из карьера, чтобы достичь оптимального (по NPV) графика. При планировании также могут быть определены внешние склады с известными содержаниями и своей ценой за тонну руды.

Бортовые содержания могут контролироваться в течение периода, позволяя создавать стратегию управления бортами (см. Секцию 8). Кроме того, смеси различных типов пород (руд) могут также быть определены. Обзор всех параметров управления показан в Таблице на обороте.

План горных работ, созданный в предыдущем разделе, основан на фиксированной производительности обогатительной фабрики - 14000 тонн в день и объеме добычи - 32200 тонн в день. При этом мы получаем переменный поток попутно добываемой бедной руды, идущей на выщелачивание. Хотя такой переменный поток вполне приемлем для рядовой, не дробленной руды, но предположим, что мы будем использовать здесь дробилку производительностью 2200 тонн в день. Вместо того, чтобы посылать избыток руды для выщелачивания в отвал пустой породы, мы можем создать рудный склад SULF2, руда из которого позднее может быть взята и отправлена на дробилку для бедной руды.

В качестве входных параметров будем использовать следующие:

- Учетная ставка остается прежней – 10%
- Объем предварительно извлекаемой капитальной вскрыши (Mining rate for prestripping) – 5 млн. т
- Новый рудный склад S2 для бедной руды SULF2 с параметрами:

Параметр	Ввод

Capacity (Емкость склада, т)	10,000,000
Rehandling cost (затраты на переэкскавацию, \$/т)	0.10
Basic rate (Производительность, т/год)	803,000

Отметьте, что вы можете менять максимальный объем отгрузки из склада с течением времени и устанавливать извлечения для продуктов, но в данном примере эти опции не используются. Кроме того, имеются дополнительные опции, дающие возможность применять бортовое содержание для складированной руды и определить первоначальную емкость склада руды, если он не является пустым.

Задайте производительность рудопотоков, идущих на переработку следующим образом:

Метод переработки	Количество
Mill (Фабрика)	5,110,000
Leach (Выщелачивание)	803,000
ВСЕГО	Undefined (Неограниченно)

Из двух, созданных в предыдущем разделе графиков для критериев MiningRatio и NPV, Вы можете использовать любой для оптимизации рудных складов.

Далее Вы можете разделить типы руды на классы, в зависимости от содержания в них продуктов. Для оптимизации стратегии складирования при фиксированном объеме добычи задание классов по содержанию является не обязательным, но оно полезно, так как программа сможет различать руду с разным содержанием, что может увеличить NPV.

Здесь необходимо определить главный продукт Вашей руды (в нашем случае – CU), т.к. программа дальше будет оперировать с эквивалентными содержаниями (для многокомпонентных руд). В результате содержания CU меняться не будут, а содержания AU будут пересчитываться как эквивалентные содержания для CU.

Зададим максимальные бортовые содержания и число классов по содержанию как:

Тип руды	Maximum (Максимум)	Number (Число классов)
SULF1	0.5	20
SULF2	0.5	20

После запуска программа пересчитает первоначальный календарный план и добавит в него компоненты, связанные с эксплуатации дополнительного склада руды. На графике (рис. 3.13.) видно, что мы обеспечили постоянное по величине поступление дробленой руды в кучи выщелачивания (синий цвет), добавляя к руде, идущей прямо из карьера на дробилку, руду из склада S2 (красный). Поступление на фабрику богатой руды - тоже величина постоянная (зеленый).

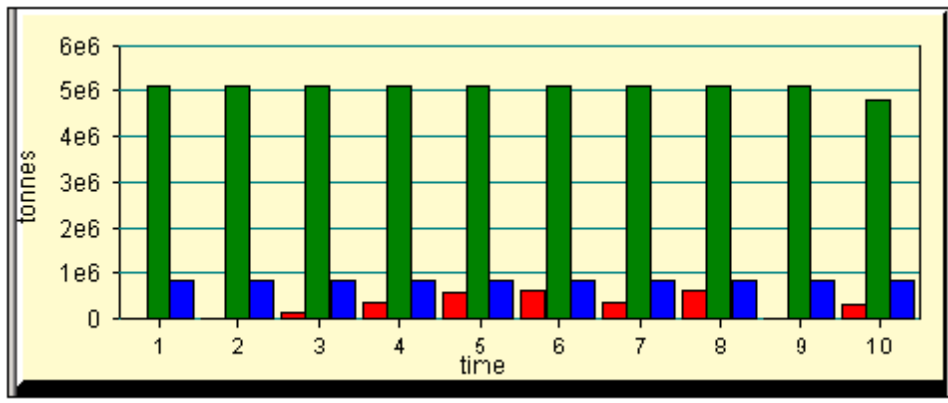


Рисунок 3.13. Рудопотоки по периодам календарного плана

3.7. Оптимизация производительности и бортового содержания

Программа NPVS + позволяет еще более увеличить NPV горного графика с помощью разработки стратегии изменения бортовых содержаний (БС) во всех рудопотоках карьера. Как подробно описано в главе 5, более высокие БС применяются на ранних стадиях эксплуатации месторождения, для того, чтобы увеличить NPV проекта и как можно скорее рассчитаться с долговыми обязательствами. Материал с низкими содержаниями, который извлечен в более ранние годы, отдельно складировается, а затем перерабатывается в более поздние годы, когда добыча материала с более высокими содержаниями уже закончена. Такая стратегия, очевидно, сильно зависит от строения месторождения и физической возможности добраться до богатой руды, но она может повысить ценность проекта больше, чем в любом другом случае.

В большинстве случаев эта методология также требует детального планирования движения материала на рудных складах. Как и ранее, здесь могут быть использованы изменяющиеся во времени входные параметры, а также склады с различными интервалами содержаний. Эти склады могут затем быть эффективно использованы в создании горного графика.

В этой части NPVS + оптимальные БС и тесно связанная с ними производительность добычи определяются самой программой, что предполагает более эффективную обработку информации о БС и получение более высоких значений NPV.

Один из основных компонентов стратегии уменьшения БС во времени - оптимальный БС в любом указанном периоде в течение жизни рудника. Для рудопотоков, ограниченных по производительности фабрики, что обычно встречается на большинстве металлических рудников, оптимальное БС (Cut Of Grade - COG) может быть выражено уравнением:

$$COG = \frac{h + (f + F)/H}{(p - k) * y}$$

Где:

h = Затраты на переработку руды (\$/т)

f = Фиксированные затраты (\$/год)

F = Opportunity cost ("Цена шанса")(\$/год)

H = Производительность фабрики (т/год)

P = Цена металла (\$/ед. металла)

K = Затраты на маркетинг (\$/ед. металла)

y = Извлечение (%)

Это БС определяется с помощью главных экономических параметров рудника. Основное различие между этой формулой и нормальным расчетом БС – учет "Цены шанса" (Opportunity cost). Эти «затраты» представляют собой доход, который мог бы быть получен, если бы был выбран другой проект или альтернатива. Так как оптимальное БС здесь – это функция opportunity cost, которые обычно уменьшаются из года в год, то оптимальное БС также закономерно уменьшается со временем. Однако, начальные opportunity cost будут зависеть от стратегии БС, принятой для всей жизни рудника, так как БС затрагивают и потоки наличности и возможный срок существования производства. Концепция Opportunity cost также предлагает оптимизацию NPV с помощью стратегических изменений БС в зависимости от цены продуктов, т.е. при более высоких ценах – снижение БС и продажа большего количества металла по более высокой цене.

Система NPVS Stockpiling позволяет изменение во времени многих параметров, в дополнение ко всем другим (необязательным) параметрам складов. Параметры, которые могут быть изменены во времени включают:

Экономические Параметры:

- Цены
- Затраты на добычу
- Затраты на переработку
- Учетная ставка

Параметры складов:

- Максимальная скорость разгрузки

Параметры переработки:

- Производительность (по типам руды)
- Граничные содержания в рудопотоках
- Ограничения на производство металла
- Критерии усреднения руды

Эти средства позволяют весьма легко выполнять многочисленные проверки типа «что будет, если?» и анализ чувствительности. Результаты могут быть детально проанализированы и представлены в форме гистограмм, диаграмм и пауковых диаграмм.

Оптимизация рудопотоков или бортовых содержаний исследует возможность увеличения объема добычи, чтобы быстрее получить доступ к руде с более высокими содержаниями, за счет складирования попутно добываемой «бедной» руды для более позднего использования. В этом примере мы добавим второй рудный склад для богатой руды SULF1, имеющий большую вместимость, что позволит складировать попутную руду, для которой пока нет достаточных мощностей переработки. Оптимизация рудопотоков чувствительна к ставке дисконтирования, поэтому, чтобы получить в этом примере заметное увеличение NPV за сравнительно короткий период - 10 лет - мы будем использовать ставку дисконтирования равную 20%.

В качестве входных параметров будем использовать следующие:

Учетная ставка – 20%

Объем предварительно извлекаемой капитальной вскрыши (Mining rate for prestripping) – 5 млн. т

К складу S2 добавим новый рудный склад S1 для богатой руды SULF1 с параметрами:

Параметр	Ввод
Capacity (Емкость склада, т)	25,000,000
Rehandling cost (затраты на	0.10

перезекскавацию, \$/т)	
Basic rate (Производительность, т/год	5,110,000

Зададим производительность рудопотоков, идущих на переработку следующим образом:

Метод переработки	Количество
Mill (Фабрика)	5,110,000
Leach (Выщелачивание)	803,000
ВСЕГО	Undefined (Неограниченно)

Здесь необходимо определить главный продукт Вашей руды (в нашем случае – CU), т.к. программа дальше будет оперировать с эквивалентными содержаниями (для многокомпонентных руд). В результате содержания CU меняться не будут, а содержания AU будут пересчитываться как эквивалентные содержания для CU.

Зададим максимальные бортовые содержания и число классов по содержанию как:

Тип руды	Maximum (Максимум)	Number (Число классов)
SULF1	0.5	20
SULF2	0.5	20

Отметьте, что параметры, которые не упомянуты в той части, остаются неизменными. Далее требуется установить максимальную производительность добычи:

Time End (Конечный период)	Max Rate (Макс. производительность по горной массе, т/год)
100	20,000,000

После запуска программа еще раз пересчитает календарный план с учетом появившегося нового рудного склада и рассчитает оптимальные производительности и бортовые содержания (условная медь) для всех рудопотоков горного предприятия. Это дает аналитикам и лицам, принимающим решения, множество дополнительной информации для более детального исследования проекта. Один из полученных графиков приведен на рис.3.14.

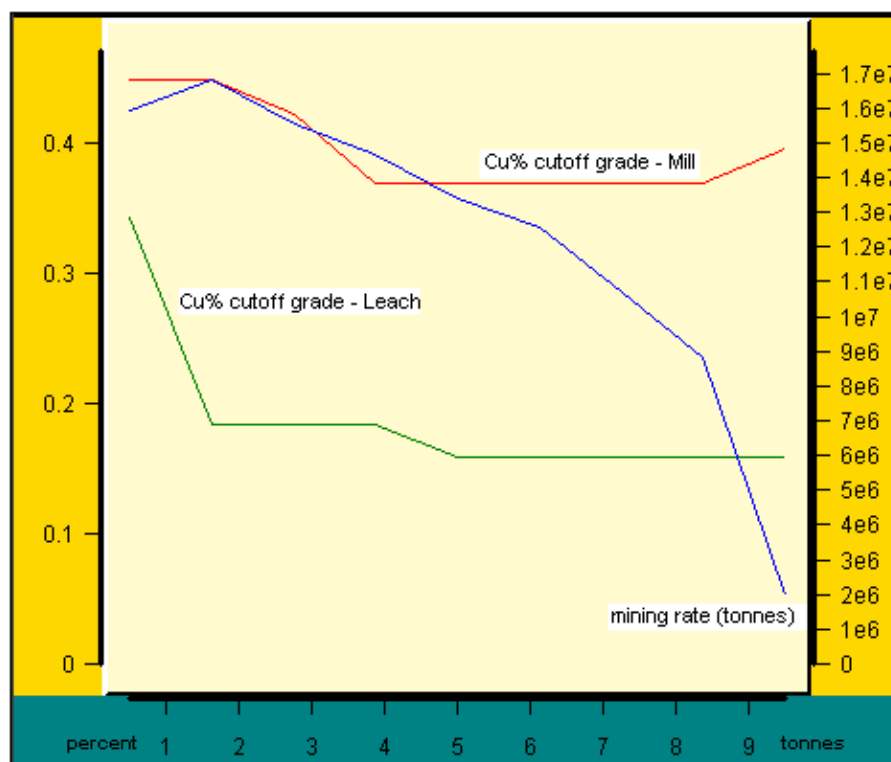


Рисунок 3.14. График изменения Бортовых содержаний в рудопотоках на фабрику (Mill) и на дробилку (Leach), а также – производительности карьера по руде по годам.

3.8. Оценка риска неподтверждения геологической информации

Чтобы рассмотреть, оценить и определить количество риска в процессе оценки и планировании работы карьера могут использоваться несколько методов. Более подробно проблемы риска обсуждаются в главе 6. Здесь же приведено краткое описание наиболее существенных деталей с некоторыми комментариями относительно использования в программе NPVS:

Наиболее вероятный (или базовый) случай. Лучшая оценка каждой переменной включена в этот случай. Этот метод дает только один результат и не предоставляет никакой информации о диапазоне или распределении возможных результатов проекта. Результат – это обычно контрольная точка для дальнейшего анализа. В NPVS может использоваться система Case Study, чтобы последовательно рассмотреть набор случаев и результатов. Однако, должна быть предпринята осторожность, чтобы не использовать в оценке параметров основного случая сверхконсерватизм, поскольку он может вызвать предубеждение и серьезно недооценивать проекты.

Лучший/Худший варианты. В этом методе используются самые оптимистические и самые пессимистические оценки, чтобы рассчитать два случая. Метод дает максимальный разброс возможных результатов проекта, но не создает никакого распределения результатов. В NPVS легко могут быть настроены случаи лучших и худших сценариев, чтобы оценить месторождение (оптимизация по критерию максимума потока наличности) или только проверить окончательно выбранный или спроектированный предельный карьер на влияние различных бортов руда/порода и значений потока наличности на этапы и календарные планы.

Анализ чувствительности. Вычисление эффекта от изменения существенных входных переменных проекта..

Метод не дает никакого прямого измерения диапазона разброса или распределения возможных результатов проекта, но обеспечивает компоненты для того, чтобы сделать это, а так же идентифицирует те переменные, которые наиболее существенно затрагивают

проект. В NPVS могут быстро быть рассчитаны варианты для различных значений переменных проекта, а результаты рассмотрены на диаграмме паука.

Имитации. С помощью имитаций определяются распределения вероятных значений проектных переменных.

Процесс повторяется неоднократно, и для каждого варианта может быть оценен проектный результат. Это может дать размер диапазона и распределение выходных параметров. В NPVS существуют два пути, с помощью которых могут быть использованы имитационные методы:

1. Условное моделирование, и использование альтернативных геологических блочных моделей для различных запусков оптимизации.

2. Предварительный расчет нескольких вариантов оптимизации для набора разных входных параметров, чтобы проверить диапазон интересующих моделируемых проектных переменных.

Эти методы становятся все более распространенными и могут быть особенно важны в идентификации тех *inferred* ресурсов, которые могли бы значительно повлиять на размеры карьера и его экономику, помогая, таким образом, наиболее точно планировать будущую работу геологов.

Учетная ставка. Это исследование состоит из множества компонентов, каждый из которых связан с различными типами риска. Полная используемая норма дисконтирования должна будет изменяться на различных стадиях проекта, становясь ниже по мере его продолжения. Программа *Stockpiling* в системе NPVS + позволяет изменение этой нормы в разные периоды времени.

Период делового риска. Если долгосрочные планы созданы с акцентом на результирующие затраты на единицу продукции, то должны быть определены приемлемые уровни затрат со ссылкой на возможные минимальные затраты, включающие оценку риска. Основа этой оценки риска может быть связана с периодом времени, в течение которого затраты на дополнительное развитие являются приемлемыми. Этот период делового риска (*business risk period - BRP*) относится к времени, когда ожидается, что бизнес будет нормальным, и поэтому учитывает различные факторы риска.

В новую редакцию программы NPVS4 включен новый модуль для Анализа Геологического Риска при обработке имитационных блочных моделей. В этом случае создается столько предельных карьеров, сколько реализаций блочных моделей было импортировано в NPVS4. Каждый из этих карьеров имеет свой уровень геологического риска, что позволяет лицам, принимающим решения, сопоставлять эти данные со своим уровнем терпимости к риску. Кроме того, сейчас возможно непосредственно получать вероятностные распределения ключевых переменных проекта и использовать их в построении вероятностных экономических моделей.

В новой версии введен также подробный анализ капитальных вложений и их учет при оптимизации карьеров, этапов и календарных планов. Пример новых возможностей презентации данных в NPVS4 показан на рис. 3.15.

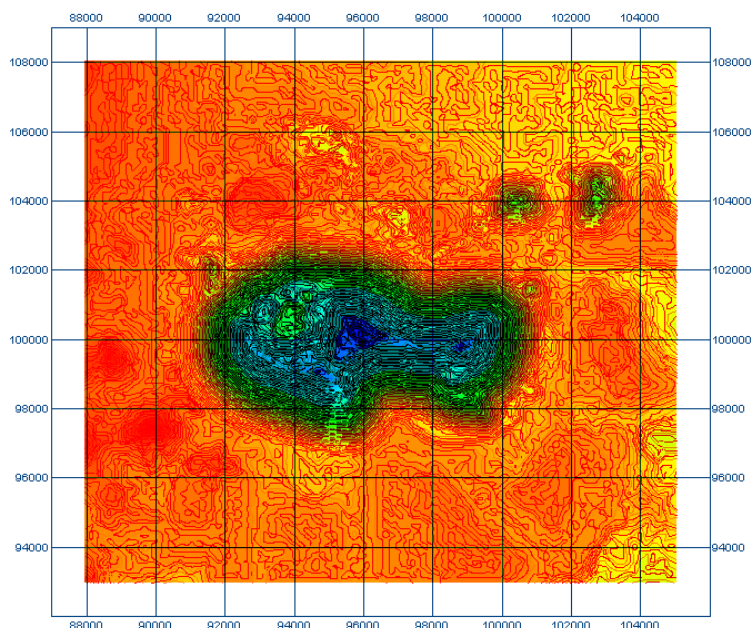


Рисунок 3.15. Пример экранного изображения карьера в NPVS4

3.9. Понятие об оптимизации поставок руды из нескольких источников

Это - отдельное приложение программного обеспечения NPVS, которое позволяет эффективную комбинацию различных проектов, чтобы создать оптимальный горный график, включающий поставку руды из нескольких различных карьеров. Входными данными для каждого источника будут:

- Информация о проекте NPVS
- Экономическая модель NPVS
- Последовательность этапов
- Данные карьерного транспорта (необязательно)
- Данные топографии (необязательно)

В результате оптимизации будут получены следующие результаты:

- Полный отчет с общими доходами, NPV, тоннажами и целевыми величинами заданных переменных
- Типовые отчеты и таблицы NPVS, модели и поверхности для каждого карьера шахты

При расчетах многих возможных вариантов графиков естественно может возникнуть значительная вычислительная сложность. Поэтому здесь требуются некоторые дополнительные параметры, которые включают в себя:

- Цели (сведенные в таблицу для каждого карьера)
- Коэффициенты развития горных работ

3.10. Подземные горные работы

Стратегическое планирование подземных рудников обычно производится в следующей последовательности:

- Создается блочная геологическая модель месторождения
- Эта модель импортируется в один из оптимизационных пакетов
- Подготавливается набор исходной технико-экономической информации
- Производится оптимизация извлекаемых запасов руды

- Исследуется чувствительность проекта к изменению основных входных параметров и выбирается основной вариант
- Для этого варианта рассчитывается оптимальная последовательность отработки (вскрытия и подготовки) намеченных к выемке блоков руды
- Проектируется система основных выработок рудника, на основании чего оцениваются затраты на вскрытие и подготовку месторождения
- Для выбранной системы разработки и основного оборудования по блочной модели месторождения проектируются очистные блоки. Обосновываются параметры потерь и разубоживания руды и рассчитываются ее извлекаемые запасы
- Оптимизируется календарный план горных работ на весь срок жизни рудника

3.10.1. Оптимизация извлекаемых запасов руды

Программа Orefinder

Эта программа компании Earthworks 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 обрабатываться, 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. 3.3).

После экспорта – импорта модели в систему Датамайн ее можно рассмотреть в окне проектирования, визуализере (рис. 3.16) и, далее, использовать в детальном проектировании подземного рудника.

Таблица 3.3. 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:	1.00 г/т	
	Плотность	2.60 т/м3	
	Среднее содержание на ОФ: 5.00 г/т		
	Содержание в породе: 1.00 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 - 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.

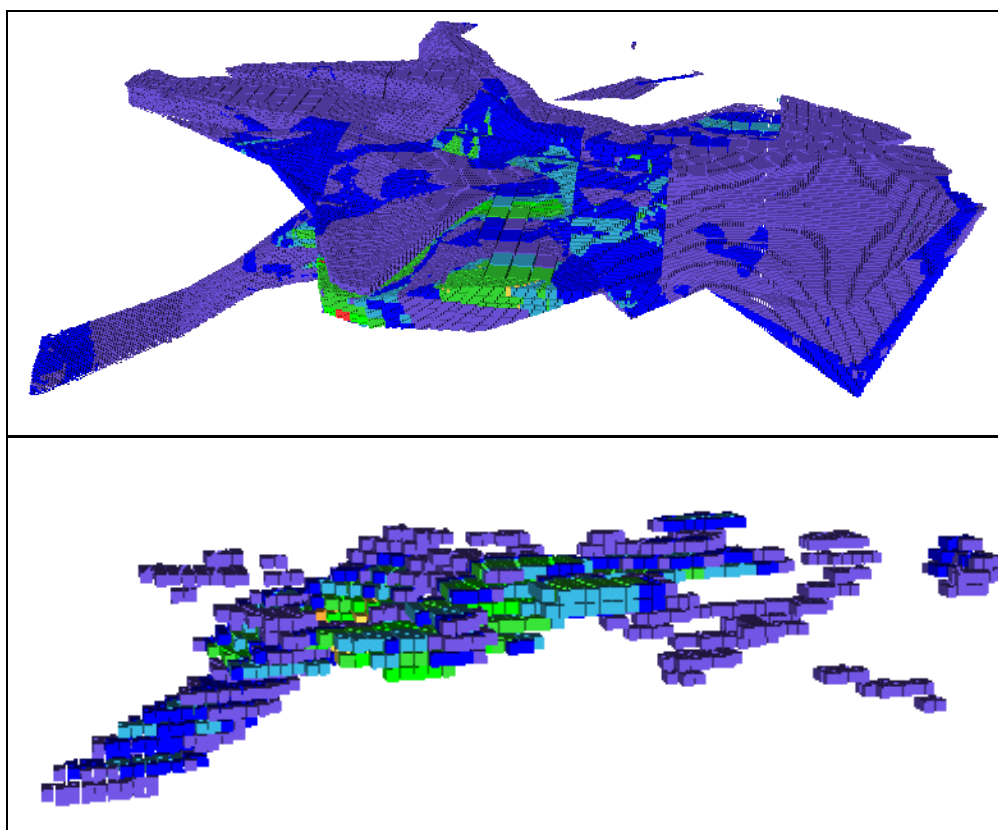


Рисунок 3.16. Вид блочной модели с ячейками и подъячейками до оптимизации (вверху) и после (внизу).

Из рисунка видно, что программа оптимизации, исполняя слишком жесткие начальные условия, выбрала для обработки только небольшое количество блоков. Выходная модель имеет регулярную структуру и состоит только из «родительских» ячеек.

Модуль MRO системы Датамайн

Почти все интегрированные горные системы сейчас имеют программы, которые оптимизируют размещение очистных блоков по имеющейся блочной модели месторождения. В системе Датамайн для этой цели используются 2 процесса: MODENV и ENVSEQ, которые составляют основу скрипта MRO (Mineable Reserves Optimizer).

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'), как и описанный выше пакет Orefinder. На выходных результатах 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:

- Максимум тоннажа руды. При равенстве тоннажа выбирается блок с более высоким содержанием
- Максимальное среднее содержание в блоке
- Максимальное количество металла в руде
- 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.

Перед созданием оболочек могут быть смоделированы заранее определенные объемы пустой породы. Они впоследствии могут быть или удалены из оболочек, или использованы для подшихтовки руды.

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 отработки 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.

Оптимизатор извлекаемых запасов (MRO) анализирует геологическую модель и, используя фактические горные ограничения, производит оптимальное оконтуривание эксплуатационных запасов. Он создает и оценивает трехмерные объемы рудного массива, принимая во внимание такие факторы, как размер, форму и ориентировку в пространстве выемочных единиц, а также минимальное исходное содержание полезного компонента в добываемой руде. В дальнейшем пакеты могут быть последовательно отсортированы для установления наилучшего порядка и схемы их отработки. При этом принимаются во внимание как положительная величина, определенная содержанием или долларовой ценностью рудного материала, так и отрицательная величина, включающая фиксированные и переменные издержки на добычу, транспортировку и обогащение руды.

Ниже приведен простой пример оптимизации извлекаемых запасов и последовательности их отработки, взятый из учебного курса Датамайн. В учебной базе данных, автоматически устанавливаемой с программой, имеется 3 файла (блочная модель небольшого Cu/Au месторождения и каркас этого же месторождения), которые будут использованы в оптимизации (рис. 3.17.).

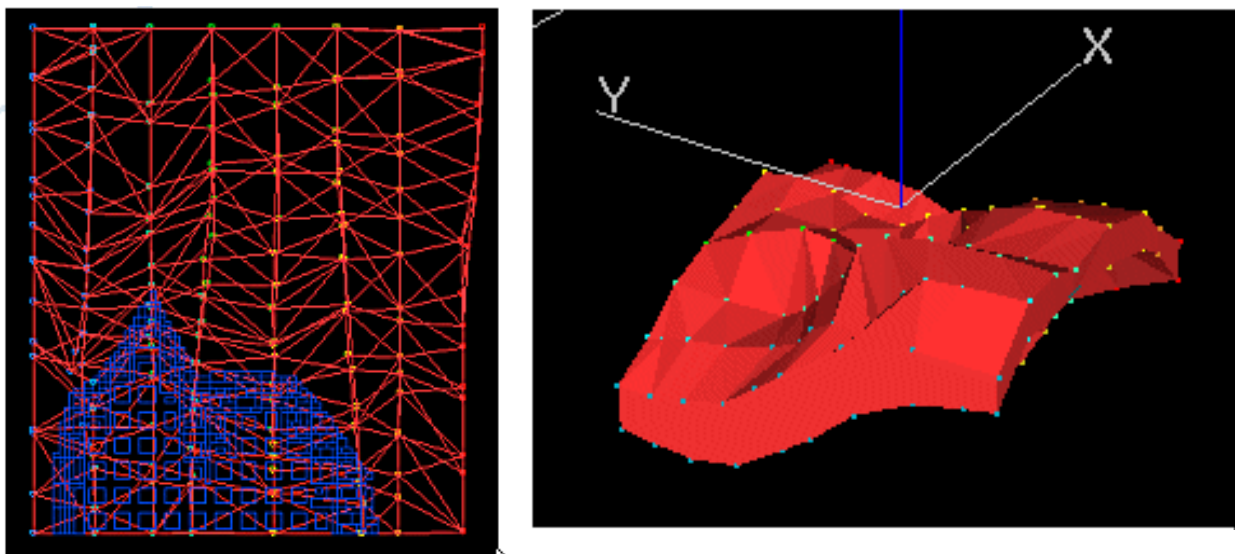


Рисунок 3.17. Блочная модель и каркас учебного примера

При запуске скрипта

MRO на экране появляется главное меню (рис.3.18) в верхней части которого указаны 2 главные опции модуля: Optimize Mineable Envelopes (программа MODENV) и Sequence Mineable Envelopes (программа ENVSEQ).



Рисунок 3.18. Главное меню скрипта MRO

Оптимизация извлекаемых запасов

Первая часть оптимизации связана с геометризацией извлекаемых запасов месторождения в пространстве. Она выполняется с помощью другого диалога (рис.3.19), разделенного на шесть областей:

- Case
- Method
- Define Case
- Run
- Action
- Help

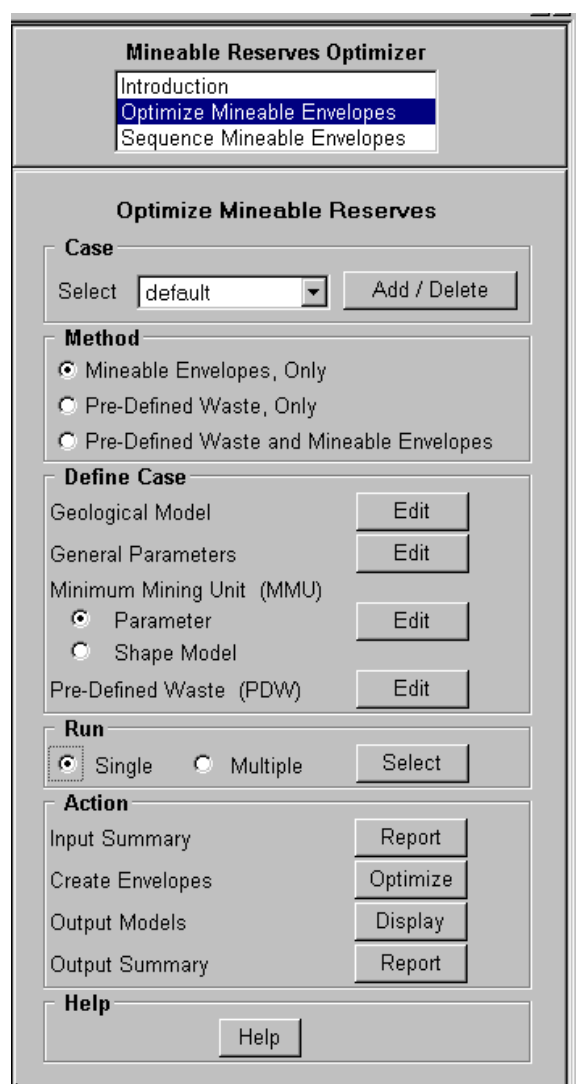


Рисунок 3.19. Диалог Optimize Mineable Envelopes

Каждый запуск оптимизатора определен как случай (вариант), имеющий название, определяемое пользователем, со всеми исходными параметрами, которые сохраняются и автоматически возобновляются по требованию. Это делает простым выполнение и сравнение альтернативных сценариев по таким факторам как бортовое содержание, головное содержание в рудопотоке и система разработки.

Процесс обработки данных в MRO имеет три разновидности:

- Создание только блоков руды для добычи - Mineable Envelopes
- Идентификация предварительно определенных пустых пород - Pre-Defined Waste
- Объединенный случай - Mineable Envelopes + Pre-Defined Waste

Вы можете выполнить часть 1 или часть 2, либо последовательно: часть 1 и часть 2.

В этом примере мы будем создавать только эксплуатационные выемочные блоки, т.е. выберем первую опцию.

Определим новый случай run1 и отредактируем для него исходные данные.

В качестве геологической модели используется файл модели учебной базы данных oremod4. выберем для анализа - содержание AU, плотность руды по умолчанию -2.5, головное содержание в рудопотоке (Default Head Grade) – 2 г/т.

Теперь мы должны определить Общие Параметры (General Parameters) для случая run1. В окне Optimization должен быть установлен Optimization Method - максимизация содержания (Grade), а бортовое содержание для модели (Cut off Grade) - 2 г/т.

Теперь надо определить минимальную выемочную единицу (MMU) для случая run1. Ее можно определить как Parameter или Shape Model. В этом примере мы будем использовать метод Parameter (задание размеров MMU)

Определим 3-х мерный прямоугольный параллелепипед MMU установкой Minimum Envelope Size как

X = 20,

Y = 20,

Z = 10.

Установите количество приращений (Number of Increments) как X = 2, Y = 2, Z = 2. Параметры деления ячеек, использованные при создании геологической модели были такие, что размеры подячейки кратны 2 м, а минимальная подячейка имела размеры 2х2х2 м. Поэтому, в данном случае количество используемых приращений должно быть 10х10х5, так чтобы размер приращения был также 2 м. Однако для ускорения процесса обработки информации количество приращений установлено, как 2х2х2.

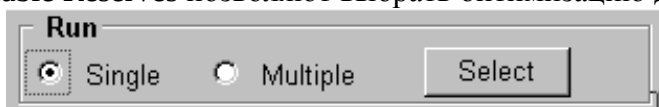
Размер приращения (Increment Size) будет обновлен автоматически до 10х10х5 м.

В некоторых случаях бывает полезно обозначить объемы пустых пород, которые не должны предусматриваться для горной добычи. Минимальные размеры предварительно определенных пустых пород определяются в диалоге **Pre-defined Waste**. Объемы, удовлетворяющие этому критерию могут быть или исключены из пакета, или использоваться как потенциальный ресурс для подшихтовки экономически целесообразной руды.

Чтобы использовать опцию предварительного определения объемов пустых пород, должны быть определены все три их измерения. Размеры предварительно определенного объема пустых пород должны быть кратными размеру **sub-MMU**. В противном случае, они будут округляться до ближайшего значения размера sub-MMU.

Максимальное содержание или ценность, которые могут использоваться для предварительного задания объема пустых пород, определяется либо по одному, либо по обоим параметрам (**Maximum Grade / Maximum Value**) в диалоге **Pre-defined Waste**.

Кнопки выбора Single и Multiple в области Run на основном диалоге Optimize Mineable Reserves позволяют выбрать оптимизацию для единичных или многих случаев.



Мы определили только один случай (run1), поэтому выберем опцию Single. Если же мы хотим задать более одного случая, то нужно нажать на кнопку Select в результате чего появится диалог с имеющимися в наличии вариантами.

Для запуска процесса оптимизации (MODENV) предназначена кнопка Optimize в главном диалоге Optimize Mineable Reserves.

Когда запуск завершится, в Output Window появится краткий отчет.

```

NO PRE-DEFINED WASTE SHAPE DEFINED
      Initializing sub-MMU elements:      140400
              MMU elements:      16150

>>> 7385 Records in File C:\Database\MRO_Tutorial
\_runl_mm.dm <<<
>>> 3311 Records in File C:\Database\MRO_Tutorial
\_tempem.dm <<<
>>> 36 Records in File C:\Database\MRO_Tutorial
\_tempers.dm <<<
>>> MODENV Complete <<<
>>> LISTING FROM FILE IN <<<
*

*****
*****
*
      MRO Case runl Optimization Complete.      3 envelope
(s) created.
      Tonnes = 151250      AU = 3.159      Metal = 477799
      Geological Reserve at cutoff of 2 based on input
geological model:
      Tonnes = 244600      AU = 3.12      Metal = 763152
      Processing time: 0.05 minutes
*

*****
*****
*
      11 RECORDS LISTED
>>> LISTC Complete <<<

```

Обратите внимание, что этот запуск создал 3 объема (блока) с общим количеством Mineable Reserve в 151250 тонн со средним содержанием 3.159 г/т Au. Соответствующие геологические запасы при бортовом содержании 2г/т составляют 244600 тонн со средним содержанием 3.12 г/т.

В ходе оптимизации создаются две выходных модели:

Model	File	Description
Envelope Model	_run 1_em	Modelling the mineable envelopes
Mined Model	_run 1_mm	A copy of the input model with a MINED field

Мы можем исследовать эти модели (рис.3.20), используя стандартные опции в Студии 3 или же использовать диалог Display Models в скрипте MRO.

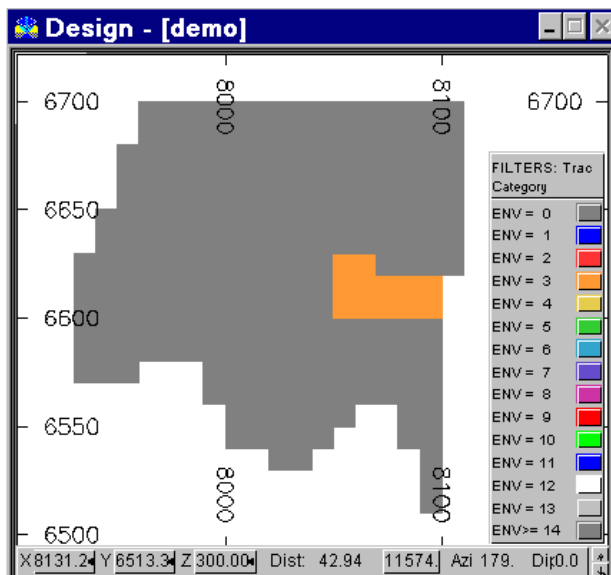


Рисунок 3.20. Горизонтальное сечение по блочной модели. Виден один из созданных выемочных блоков (№3).

С помощью фильтрации можно оставить на экране только вновь созданные 3 оболочки, которые хорошо заметны в визуализере совместно с прозрачным каркасом рудного тела (рис. 3.21).

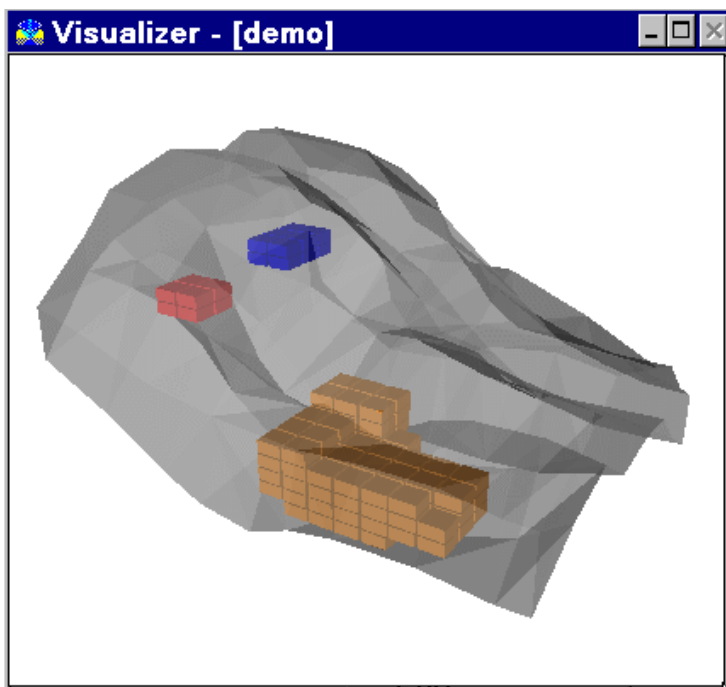


Рисунок 3.21. Изображение блоков извлекаемых запасов в визуализере.

Кроме визуального исследования моделей Вы также можете создавать отчеты по запасам (Рис. 3.22.) и диаграммы (рис.3.23.).

_run1_report1.csv										
	A	B	C	D	E	F				
1										
2	Mineable Reserves Optimiser - Report 1 01/11/08 12:37									
3										
4	Volume Tonnes and Grade by Envelope Number and Envelope Type.									
5	Envelope Type GEOLOGY gives geological reserve for a cutoff of 2.									
6										
7	Case - run1									
8										
9	Env.Numb	Env.Type	Volume	Tonnes	AU					
10	1	MIN-MOD	6000	15000	2.137					
11	1	TOTAL	6000	15000	2.137					
12	2	MIN-MOD	4000	10000	2.057					
13	2	TOTAL	4000	10000	2.057					
14	3	MIN-MOD	50500	126250	3.367					
15	3	TOTAL	50500	126250	3.367					
16	-	MIN-MOD	60500	151250	3.159					
17	-	TOTAL	60500	151250	3.159					
18	-	GEOLOGY	97840	244600	3.12					
19										
_run1_report1										
_run1_report2.csv										
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1										
2	Mineable Reserves Optimiser - Report 2 01/11/08 13:41									
3										
4	Minimum Maximum and Centre of Gravity Coordinates of each Envelope									
5										
6	Case - run1									
7										
8	Env.Numb	Min X	Max X	Min Y	Max Y	Min Z	Max Z	CoG X	CoG Y	CoG Z
9	1	8010	8040	6550	6570	340	350	8025	6560	345
10	2	8060	8080	6540	6560	330	340	8070	6550	335
11	3	8050	8100	6600	6670	280	310	8080	6630	294
12	-	8010	8100	6540	6670	280	350	8074	6618	301
13										
_run1_report2										

_run1_report3.csv						
	A	B	C	D	E	F
1						
2	Mineable Reserves Optimizer - Report 3 01/11/08 13:47					
3						
4	Volume Tonnes and Grade by Envelope Number and Envelope Type					
5						
6	Case - run1					
7						
8	Env.Type	Env.Number	Volume	Tonnes	AU	
9	MAX-MOD	SUBTOTAL	6000	15000	1.327	
10	MIN-MOD	1	6000	15000	2.137	
11	MIN-MOD	2	4000	10000	2.057	
12	MIN-MOD	3	50500	126250	3.367	
13	MIN-MOD	SUBTOTAL	60500	151250	3.159	
14	MOD	SUBTOTAL	1589000	3972500	0.831	
15	TOTAL		1655500	4138750	0.917	
16						

Рисунок 3.22. Три вида отчетов о результатах оптимизации

В первой таблице приведена информация о минимальных и общих объемах руды в созданных оболочках. Во второй таблице для каждого пакета указываются минимальные, максимальные координаты и центр тяжести. Третий отчет является суммарным.

Результаты в этом отчете превышают результаты таблицы 1. Основные данные, представляющие интерес в Report 3, это цифры для пакета типа MAX-MOD. Хотя для данного случая был выбран минимальный пакет, но этот отчет все же показывает дополнительный объем, тоннаж и содержание, которые могли бы быть получены, если бы был выбран максимальный пакет. Однако нам пришлось бы в этом случае запустить максимальный случай, чтобы классифицировать дополнительный материал по номерам пакетов.

Цифры для пакета типа MOD показывают ячейки, которые включают материал геологической модели, которая не находится в пакете (MIN-MOD) или в пакете (MAX-MOD). Ячейка, классифицируемая как MOD, может включать только часть реальной ячейки геологической модели, в то время как остальная часть входит в извлекаемые объемы. Вот почему тоннаж TOTAL здесь больше, чем в геологической модели.

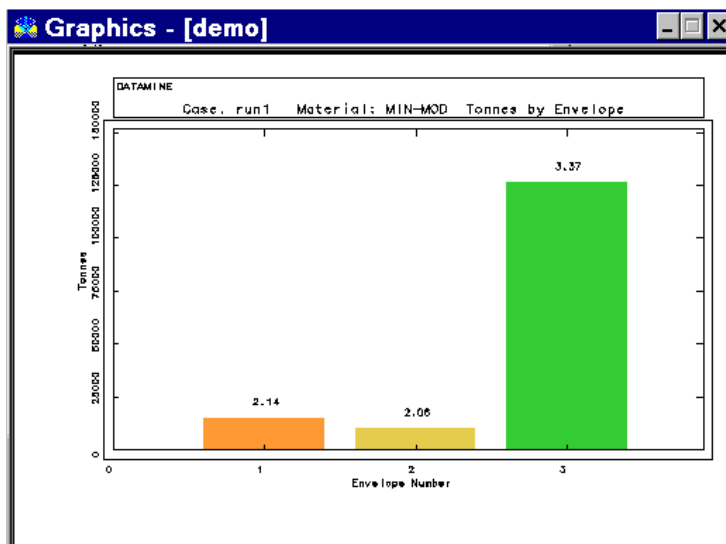


Рисунок 3.23. Пример диаграммы тоннажа и содержания по оболочкам

Теперь можно рассмотреть одновременный запуск множественных случаев оптимизации для различных значений бортового и головного содержания, как показано в таблице 3.4. ниже.

Таблица 3.4. Варианты изменения бортового и головного содержания

Вариант	Бортовое содержание, г/т	Головное содержание, г/т
2	1.75	1.75
3	1.50	1.50
4	1.25	1.25
5	1.00	1.00

Head Grade – это головное содержание в рудопотоке, с которым сравнивается содержание каждой sub-MMU. Если лучшее содержание в MMU, частью которой является данная sub-MMU, выше или равно значению Head Grade, то эта sub-MMU является экономически рентабельной. Если, кроме того, лучшее содержание MMU соответствует критериям добычи (maximum waste fraction target and maximum pre-defined waste fraction) (максимальная заданная доля пустых пород и максимальная доля предопределенного объема пустых пород), то sub-MMU будет являться частью добываемого пакета.

Головное содержание может иметь единичное значение (указанное как значение по умолчанию) или может быть переменным по объему модели. В последнем случае значение головного содержания для всего объема должно быть выше головного содержания любого участвующего в нем блока.

Если метод оптимизации Optimization Method состоит в максимизации значений тоннажа, содержания или количества металла, то головное содержание задается в тех же самых единицах, что и поле Grade во входной Геологической Модели. Если Метод Оптимизации состоит в том, чтобы максимизировать ценность, то исходное содержание должно выражаться как денежная оценка (Value) на единицу объема.

Для запуска множественного случая надо создать 4 новых варианта run2 - run5 и отредактировать в них параметры бортового и головного содержаний, а затем выбрать опцию Multiple в главном меню.

После завершения работы программы можно рассмотреть полный табличный материал и графики (рис. 3.24), которые показывают как изменяются геологические и извлекаемые запасы по мере возрастания головного содержания.

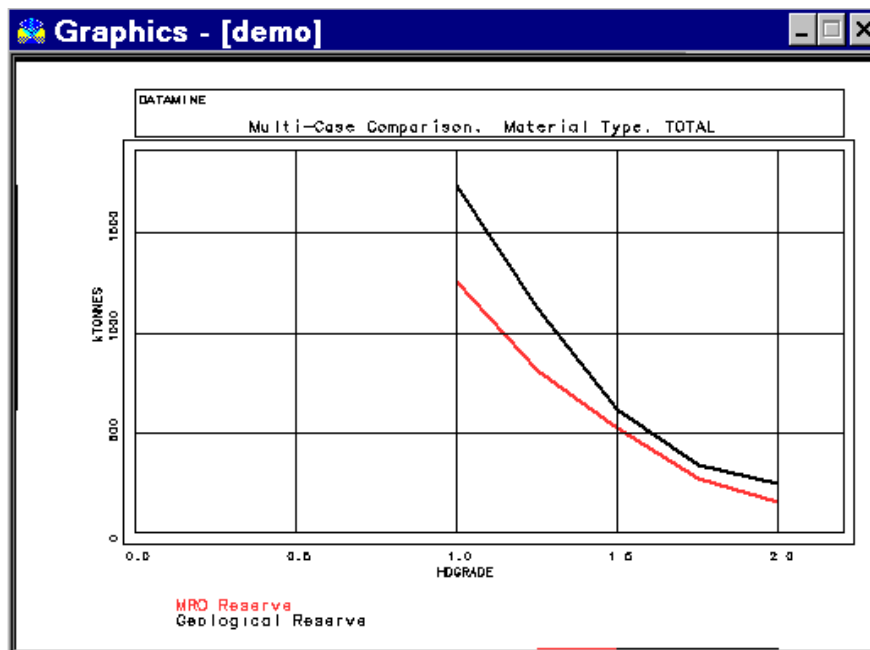


Рисунок 3.24. График зависимости запасов месторождения от принятого головного содержания.

Во всех вариантах от gun1 до gun5 использовались трехмерные прямоугольные блоки MMU. Сейчас мы создадим случай gun6, такой же, как gun1, за исключением того, что блоки MMU имеют непрямоугольную форму. Для этого в меню MMU установим следующие параметры:

- Number of Increments $X = 4$, $Y = 4$, $Z = 2$.
- В области Slope Factor установите East = 1 и West = -1.

Это будет соответствовать наклону MMU 45 градусов с направлением наклона восточной стенки наружу, а западной – внутрь (рис.3.25).

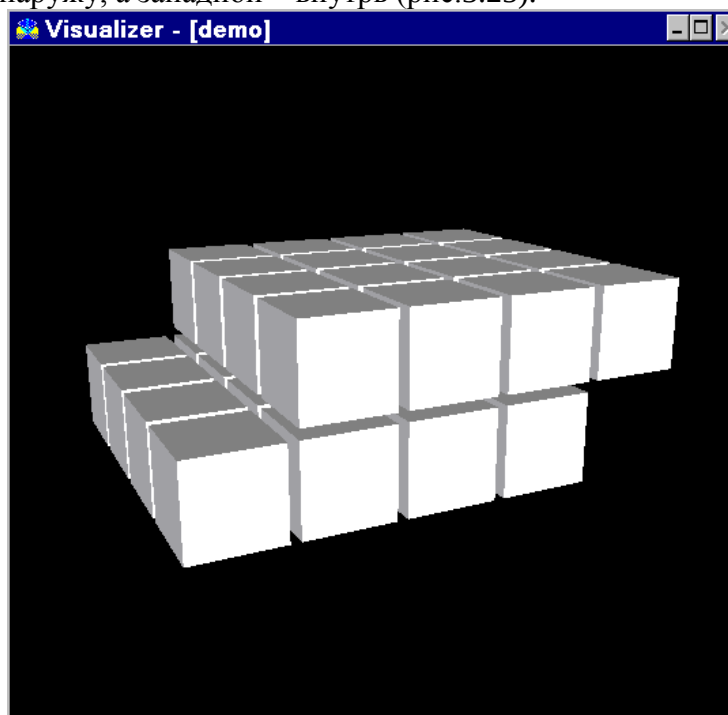


Рисунок 3.25. Вид минимальной выемочной единицы непрямоугольной формы.

Отметьте, что новый расчет с блоками, приближающимися по форме и ориентации к форме рудного тела, привел к возрастанию выемочных запасов более, чем на 30% (рис. 3.26.).

totalres.csv								
	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2	Mineable Reserves Optimizer - Multi-Case Report 1 01/11/08 16:18							
3								
4	Case	Env.Type	Volume	Tonnes	AU	HeadGrade	Cutoff	No.Envelopes
5	run1	TOTAL	60500	151250	3.159	2	2	3
6	run6	TOTAL	79750	199375	2.865	2	2	4
7	Difference		19250	48125	1.941			
8								

На рисунке 3.26. видно, что изменение формы минимального горного блока приводит к значимой разнице в количестве добываемых запасов.

Используйте те же самые шаги как для run1, загрузите модель извлекаемых объемов и каркасную модель рудного тела в визуализатор.

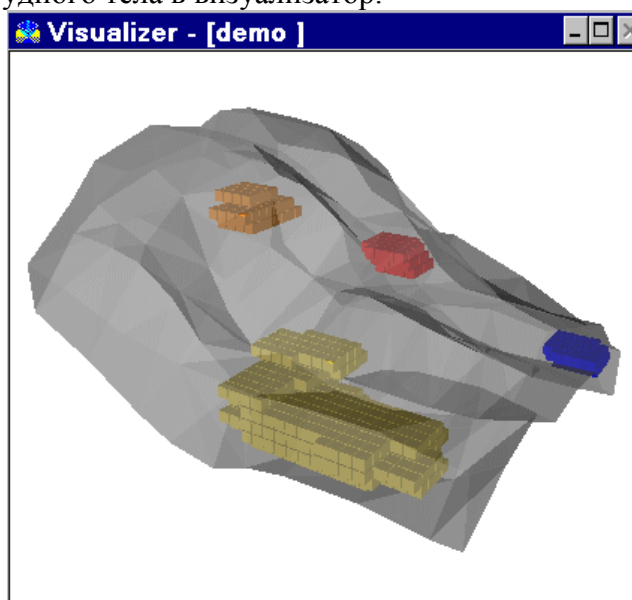


Рисунок 3.26. Вид оболочек извлекаемых запасов для варианта run6

Есть множество возможностей для дальнейших исследований, использующих те же исходные данные обучающей программы. Например:

Какие изменения будут, если MMU, использованная в run6, будет применена в run2 - run5? Как скажется на размерах запасов изменение размера и ориентации MMU?

Вместо использования равных значений для Cutoff Grade (бортового содержания) и Head Grade (головное содержание) можно установить значение Cutoff Grade = 1 и менять значения Head Grade.

Во всех случаях от run1 до run6 создается минимальный пакет эксплуатационных запасов. К какому различию приведет создание максимального пакета?

Еще один пример использования MRO

Модель, которая использовалась для этого примера, получена из модели, исследованной в предыдущем примере. Единственная модификация модели – в том, что было добавлено поле DOLLAR, содержащее разницу дохода и затрат для каждой ячейки.

Сечение модели Юг-Север показано ниже. Можно заметить, что смоделирована только руда – во вмещающей породе нет никаких блоков:

Запасы руды в массиве были вычислены на основе геологической модели. Использовалось значение плотности = 2.5, полный тоннаж руды = 3.08 Млн. т со средним содержанием: 1.23 г/т - Au и 0.11 % - меди.

Запасы были вычислены для бортов Au между 0 и 3 г/т с интервалами в 0.25 г/т (табл.3.5.):

Таблица 3.5. Тоннаж и содержания Au и Cu в руде

Борт Au, г/т	Тоннаж, Млн. т	Au, г/т	Cu, %
0.00	3.08	1.23	0.11
0.25	3.07	1.24	0.11
0.50	2.99	1.26	0.11
0.75	2.59	1.35	0.12
1.00	1.74	1.59	0.13
1.25	1.12	1.85	0.15
1.50	0.62	2.24	0.18
1.75	0.34	2.76	0.22
2.00	0.24	3.12	0.25
2.25	0.20	3.32	0.26
2.50	0.17	5.53	0.28
2.75	0.13	3.76	0.30
3.00	0.10	4.04	0.32

Числа в этой таблице получены с помощью содержаний индивидуальных ячеек модели. Однако ячейки и подъячейки модели имеют различные размеры с объемами в пределах от 8 до 1000 м³ со средним -167 м³. Для того, чтобы вычислить извлекаемые запасы, принимая во внимание практические горные параметры необходим MRO.

Основной Случай

В качестве основного был выбран вариант h04. Головное содержание было установлено равным Бортовому = 1г/т Au так, чтобы исследовались только sub-MMUs (суб-блоки) с содержаниями больше или равными этой величине. Размер MMU установлен - 20х20х10 м с размером приращения 2х2х2 м.

Полученные результаты показаны в таблице ниже.

Microsoft Excel - _h04_report1.csv

File Edit View Insert Format Tools Data Window Help

100% 10

A18 =

	A	B	C	D	E	F
1						
2	Mineable Reserves Optimiser - Report 1 01/11/07 17:56					
3						
4	Volume Tonnes and Grade by Envelope Number and Envelope Type.					
5	Envelope Type GEOLOGY gives geological reserve for a cutoff of 1.					
6						
7	Case - h04					
8						
9	Env.Number	Env.Type	Volume	Tonnes	AU	DOLLAR
10	1	MIN-MOD	771504	1928760	1.469	2266152
11	1	TOTAL	771504	1928760	1.469	2266152
12	-	MIN-MOD	771504	1928760	1.469	2266152
13	-	TOTAL	771504	1928760	1.469	2266152
14	-	GEOLOGY	694848	1737120	1.588	2207236
15						

Ready CAPS

Она показывает, что для основного случая руда находится в единственном блоке извлекаемых запасов с тоннажем 1.93 Млн. т и средним содержанием 1.47 г/т Au. Использование того же самого борта 1 г/т дает Геологические Запасы - 1.74 Млн. т с содержанием Au -1.59 г/т.

Вся модель содержит 3.08 Млн. т руды со средним содержанием Au -1.23 г/т, и, таким образом, приблизительно 60 % рудного тела включены в извлекаемые запасы с бортом 1 г/т (рис. 3.27.). Загрузка модели блока и каркаса рудного тела в окно Visualizer дает:

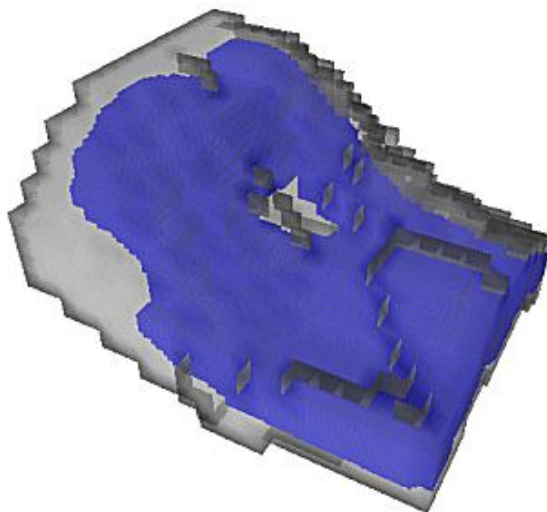


Рисунок 3.27. Размещение извлекаемых запасов (синий) в полной модели месторождения.

Затем MRO был запущен для всех вариантов бортов Au между 0 и 3 г/т с промежутками в 0.25 г/т. Каждый из 13 вариантов запускался с двумя различными размерами MMU - 20x20x10 м и 10x10x4 м по осям X*Y*Z соответственно.

Параметры разделения ячеек, используемые при создании геологической модели, были такими, что размеры подъячейки были кратны 2м, с наименьшей подъячейкой 2x2x2м. Поэтому число приращений было выбрано таким, чтобы размер приращения был

также 2 м. Параметры двух MMUs, обозначенных А и В, показаны в следующей таблице 3.6.

Таблица 3.6. Геометрические параметры минимальных выемочных единиц для вариантов А и В

MMU - А	X	Y	Z
Минимальный размер блока	20	20	10
Число приращений	10	10	5
Размер приращения	2	2	2
MMU - В	X	Y	Z
Минимальный размер блока	10	10	4
Число приращений	5	5	2
Размер приращения	2	2	2

Таким образом, были определены и запущены 25 случаев - 13 вариантов бортов с 2-мя размерами MMU, минус основной случай. Кроме содержания в рудопотоке, борта и размеров MMU все другие параметры для различных случаев были такими же, как для основного.

Были созданы графики тоннажа для разных бортов для двух различных размеров MMU. Кроме извлекаемых запасов они также включают геологические запасы для каждого борта (рис.3.28.).

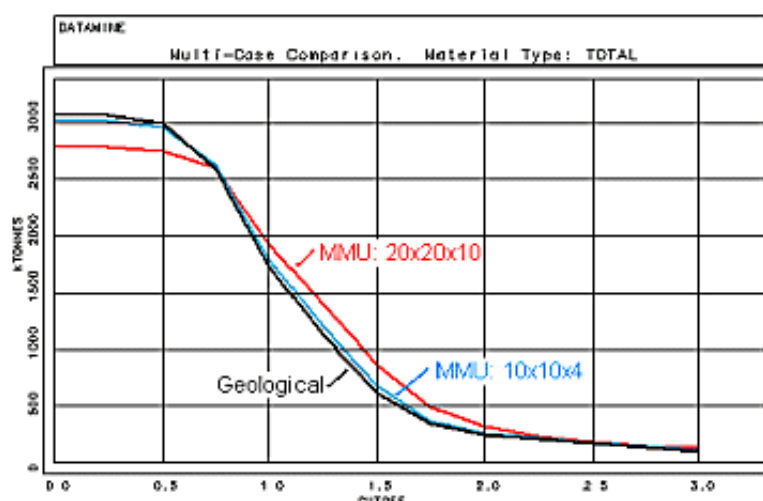


Рисунок 3.28. График зависимости тоннажа от бортового содержания для 2-х вариантов размеров MMU

Может быть отмечено, что кривая для меньшего MMU (10x10x4) очень близка к кривой, основанной на геологической модели. Чем меньше MMU, тем более близок этот график к графику геологических запасов. Однако, может быть замечено, что MMU 20x20x10 дает меньше тоннаж для бортов ниже 0.75 г/т, но больший тоннаж выше этого борта. Тоннаж для нулевого борта всегда будет ниже геологических запасов, если (как и в данном случае) блок (извлекаемый объем) будет ограничен размерами геологической модели.

Подобный график был также создан для среднего содержания Au и показан ниже на рис. 3.29. Как и для предыдущего графика, меньший размер MMU находится очень близко к геологическим запасам. Однако MMU 20x20x10 может включать некоторый материал с содержанием ниже борта, и поэтому среднее содержание для материала с содержанием выше борта здесь будет ниже. Для этого исследования предполагалось, что размер MMU 20x20x10 наиболее близко соответствует предложенным методам отработки залежи, и поэтому использовался для последующих оценок:

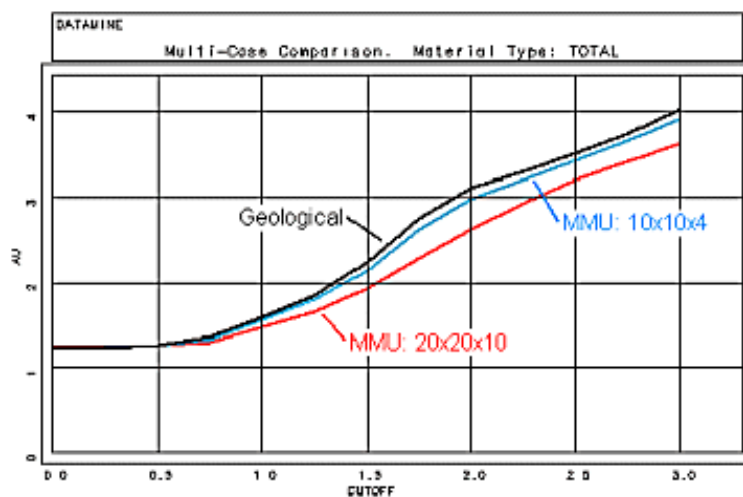


Рисунок 3.29. График зависимости среднего содержания золота от бортового содержания для 2-х вариантов размеров MMU

Минимальный и Максимальный Блок

В предыдущих случаях был вычислен только Минимальный размер блока. Он содержит только рудные ячейки с содержанием выше бортового. Максимальный блок – это граница горного блока, содержащего и рудные, и породные ячейки, то есть любые ячейки, которые могут находиться в экономическом блоке. Детальный реальный горный проект должен быть основан на (внутреннем) Минимальном блоке и быть в пределах Максимального (внешнего) блока.

Максимальный блок был вычислен для всех 13 бортов для 20x20x10 MMU. Различие в тоннаже между этими двумя блоками может быть рассмотрено на следующем графике 3.30.

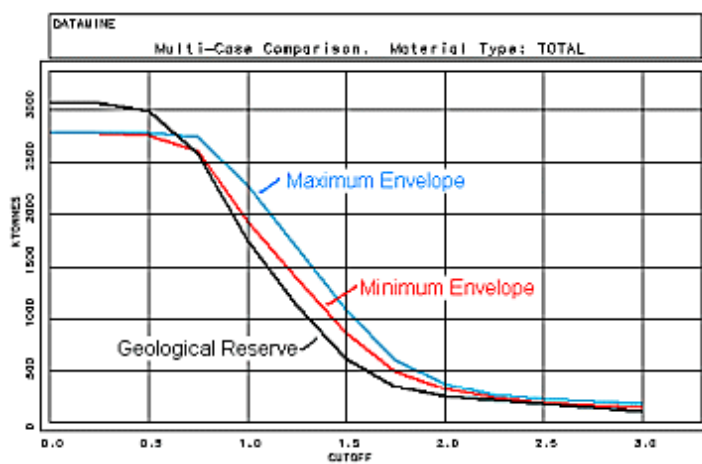


Рисунок 3.30. График зависимости тоннажа руды от бортового содержания для максимальной и минимальной оболочек.

Может быть отмечено, что есть существенное различие между этими двумя объемами. Различие в тоннаже и содержании между этими двумя объемами для борта 1 г/т может быть найдено определением многократного случая, состоящего из вариантов h04 (минимальный блок) и j04 (максимальный блок). Оно составляет почти 18%, как показано ниже.

_totalres.csv									
	A	B	D	E	F	G	H	I	J
1									
2	Mineable Reserves Optimizer - Multi-Case Report 1 01/11/07 20:39								
3									
4	Case	Env.Type	Tonnes	AU	DOLLAR	HeadGrade	Cutoff	No Envelopes	
5	h04	MIN-MOD	1928760	1.489	2266152	1	1	1	
6	j04	MAX-MOD	2271640	1.365	2480241	1	1	1	
7	Difference		342880	0.779982	214089				
8									

Это различие может также рассмотреть для каждого случая на плане и сечениях. Рисунок 3.31. показывает план выемочных запасов на отметке 311м для случая, когда бортовое и головное содержание = 1.0 г/т. Ячейки в минимальном блоке показаны синим цветом, ячейки максимального блока – оранжевым, а ячейки за пределами извлекаемого объема – серым цветом:

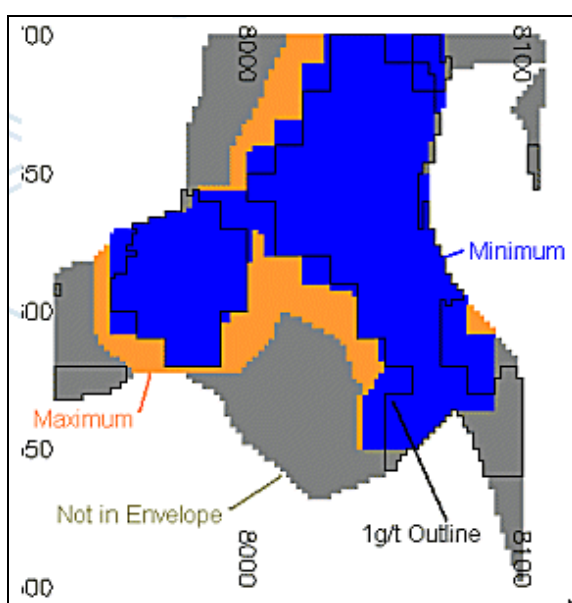


Рисунок 3.31. План выемочных запасов блочной модели (минимальная и максимальная оболочки) на отметке +311 м

Вышеупомянутый рисунок также включает контур материала с бортовым содержанием 1г/т. Он был создан с помощью каркаса вокруг ячеек модели с содержанием выше, чем 1 г/т, и показом разреза этого каркаса. Каркас может также быть создан вокруг каждой из минимальных и максимальных оболочек, как показано на рисунке 3.32.

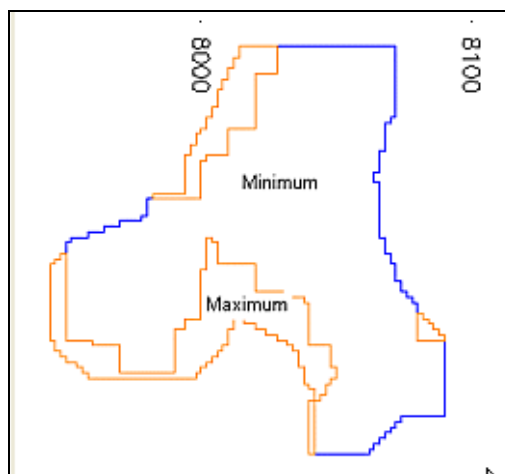


Рисунок 3.32. Разрез каркасов минимальной и максимальной оболочек плоскостью изображения

Во всех предыдущих случаях оболочки были ограничены пределами блочной модели, то есть оставаться в пределах руды, поскольку только модель содержала только руду. Однако, диалог General Parameters есть опция, которая позволяет игнорировать это ограничение, и оболочки могут распространяться за пределы блочной модели (рис. 3.33.).

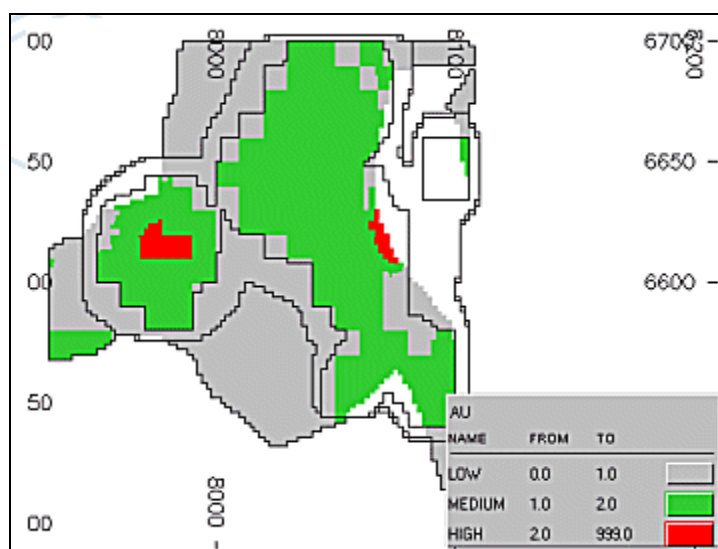


Рисунок 3.33. Случай распространения блоков выемочных запасов за границы геологической блочной модели.

Есть большая область справа, которая включена в блок, но там нет никаких ячеек модели. Это потому что руда размещается ниже текущего плана на отметке 311м.

Различие в тоннаже и содержании между этими двумя оболочками может быть найдено с помощью рассмотрения дополнительного варианта i04 (без ограничения пределами модели). Как видно из таблицы ниже различие составляет - 0.32 млн. т руды со средним содержанием 0.40 г/т. Часть этого различия объясняется включением в оболочку некондиционного материала на границе рудного тела, а другая часть – включением в нее породы с содержанием 0 г/т.

_totalres.csv									
	A	B	D	E	F	G	H	I	
1									
2	Mineable Reserves Optimizer - Multi-Case Report 1 01/11/07 20:01								
3									
4	Case	Env.Type	Tonnes	AU	DOLLAR	HeadGrade	Cutoff	No.Envelopes	
5	h04	GEOLOGY	1737120	1.588	2207236	1	1	1	
6	i04	GEOLOGY	1737120	1.588	2207236	1	1	1	
7	h04	TOTAL	1928760	1.469	2266152	1	1	1	
8	i04	TOTAL	2247280	1.318	2369885	1	1	1	
9	i04 - h04	TOTAL	318520	0.40364	103733				
10									

3.10.2. Оптимизация последовательности отработки

Процесс ENVSEQ запускается после процесса MODENV и определяет оптимальную последовательность отработки 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:

- Задается 1 или больше блоков (оболочек), с которых начинается выемка запасов. Это дает возможность начать отработку запасов с одного или нескольких шахтных стволов
- Для блока 2 указывается, что он может быть отработан только после блока 1.
- То же, что и п. 2, но между 1 и 2 допускается отработка 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.

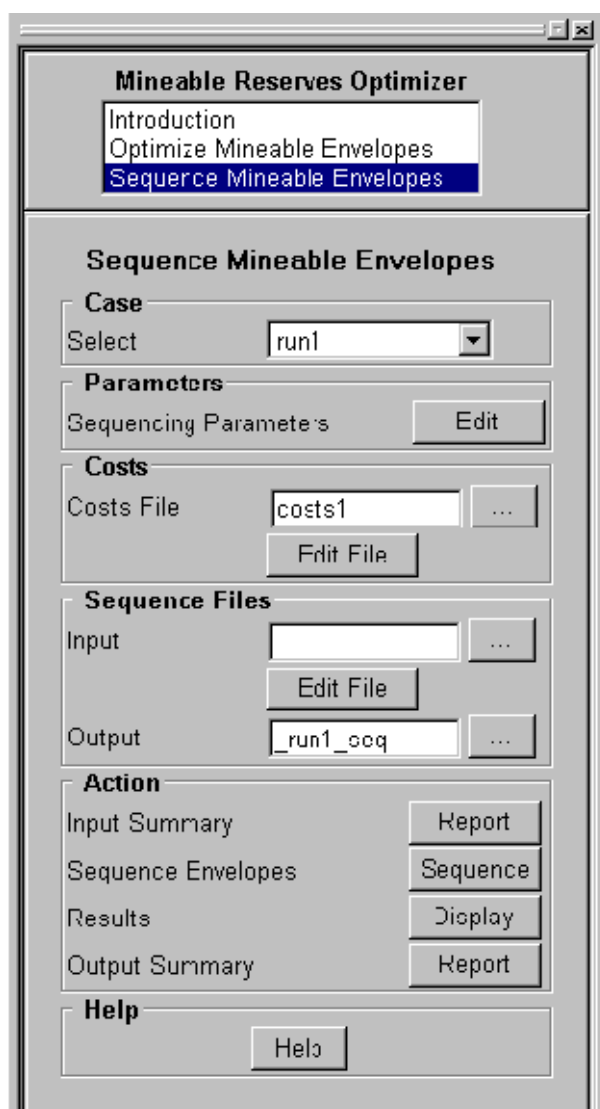


Рисунок 3.34. Главное меню для оптимизации последовательности добычи блоков Sequence Mineable Envelopes

Основной диалог Sequence Mineable Envelopes (рис. 3.34.) разделен на шесть областей:

- Case
- Parameters
- Costs
- Sequence Files
- Action
- Help

Выбор случая и определение входных параметров

Т.к. процессы MRO связаны между собой, то мы найдем все наши ранее рассмотренные варианты в окне Case. Выберем "run1".

При выборе параметров оптимизации извлекаемых блоков мы выбрали метод оптимизации, как максимизацию содержания. Сейчас мы можем выбрать другой метод для последовательности добычи пакетов, имея в виду, что выбранный метод также определяет и единицы, в которых указываются затраты. Например, если выбрана опция Maximize grade то затраты будут определены как эквивалент содержания - г/т. Для этого примера мы выбираем опцию максимизация металла, содержащегося в руде (Maximize contained metal), так что затраты будут определяться, как эквивалент граммов золота.

Значение Head Grade здесь необязательное. Но, если Вы его используете, то в случае, когда прибыль для данного блока будет меньше, чем Head Grade, то блок становится неэкономичным и не будет включен в последовательность добычи. В этом примере оставим значение Head Grade незаполненным, чтобы включить в расчет последовательности все блоки.

Средняя отметка земной поверхности в районе месторождения равна 420м. Оставим окна X и Y пустыми, но введем 420 в окно Z. Это в будущем создаст вертикальную последовательность от первого блока до отметки +420 м.

Выберем затем метод Centre of gravity (центр тяжести) для измерения расстояний между блоками.

Метод используемый для создания последовательности добычи использует в расчетах внутреннюю ценность блоков и затраты на добычу, транспортировку и обогащение. Внутренняя ценность каждой оболочки была рассчитана в процессе оптимизации и сохранена в файле результатов оптимизации (_run1_res). Затраты определяются в файле Costs File, который должен быть предварительно задан. После этого надо открыть этот пустой пока файл для редактирования. Здесь используются данные затрат, которые подходят только для этого специфического случая. Поэтому для расчетов по своему конкретному месторождению Вы каждый раз должны использовать свои данные.

Для определения относительных расстояний и объемов мы должны определить минимальный и максимальный тоннажи каждого выемочного объема. Мы можем сделать это путем чтения файла результатов оптимизации _run1_res или использовать опцию reporting из меню Optimization. Мы увидим, что для run1 имеются три блока с минимальным тоннажем 10000 и максимальным 126250 тонн. Следовательно, нам необходимо определить затраты для блока с размером меньше или равным минимальному и больше или равным максимальному. Мы выберем минимальный размер 5000 тонн и максимальный - 200000 тонн и введем их значения в соответствующие текстовые окна.

	Minimum	Maximum
Tonnage in an Envelope	5000	200000
Horizontal Haulage Distance	0	300
Vertical Haulage Distance	0	250

Нам также нужно ввести значения минимального и максимального расстояния транспортирования по горизонтали и вертикали. Мы можем получить эту оценку из файла результатов, как для тоннажей, или использовать процесс STATS с файлом блочной модели. В последнем случае минимальное и максимальное значения рассчитываются как:

Mi nimum	931	501	56
Ma ximum	107	699	74
Ra nge	76	98	18

Максимальное горизонтальное расстояние между ячейками модели может быть рассчитано как $265 \text{ м} = (176 \cdot 176 + 198 \cdot 198)^{0.5}$. Таким образом, если конечный пункт назначения, например дробилка, находится близко к рудному телу, тогда максимальное горизонтальное расстояние, равное 300 м, будет достаточным.

Мы можем использовать процесс STATS с файлом точек каркаса топографии, чтобы найти максимальную отметку поверхности – 500 м. Таким образом, максимальное вертикальное расстояние будет равно 244 м ($500 - 256$), следовательно, величина около 250 м также будет достаточной.

Теперь нам необходимо определить фиксированные и переменные затраты для каждой комбинации минимумов и максимумов. Помните, что эти значения должны быть выражены в тех же единицах, что и при применении метода ранжирования последовательностей, которые были выбраны как Maximize Metal в диалоге Sequencing Parameters. Следовательно, затраты должны быть определены в вышеуказанных окнах ввода как граммы затрат металла. Тем не менее, сначала мы должны выразить затраты в долларах, а затем конвертировать их в граммы металла.

Начнем с фиксированных затрат. Cost Set 1 являются затратами на оборудование для транспортировки 5000 тонн на ноль метров по горизонтали и вертикали. Это теоретическое положение, так как нет смысла перемещать материалы оборудованием на нулевое расстояние. Поэтому мы будем начинать с затрат, получаемых при использовании наименее мощного оборудования, например, с 50 тыс. долларов. Второй уровень затрат - это затраты на перемещение оборудованием 5000 тонн вертикально на расстояние 250 м. Допустим, что в этом случае получаются затраты 150 тыс. долларов, и так далее продолжим эти расчеты для всех 8 уровней затрат. Затем полученные суммы в долларах надо перевести в граммы металла. Например, если цена металла \$10 за грамм, то тогда затраты по 8 уровням будут следующие:

Define Costs					
Cost Set	Envelope Tonnes	Horizontal Distance	Vertical Distance	Fixed Cost	Variable Cost
1	5000	0	0	5000	0
2	5000	0	250	15000	625
3	5000	300	0	10000	750
4	5000	300	250	20000	1375
5	200000	0	0	10000	0
6	200000	0	250	30000	25000
7	200000	300	0	20000	30000
8	200000	300	250	40000	55000

Подобное же вычисление должно быть сделано для переменных затрат. Например, если мы используем переменные затраты \$0.005 для перемещения одной тонны на метр для горизонтальных и вертикальных расстояний, тогда стоимость транспортировки 5000 тонн на 300м по горизонтали и 250м по вертикали составит $5000 \times (300 + 250) \times 0.005 = \$13750$. Это конвертируется в металлический эквивалент - 1375 г. То же самое вычисление может быть применено к другим наборам затрат.

Определение последовательности

Теперь мы определили все параметры, которые необходимы для расчета последовательности run1.

Нажатие кнопки Sequence запустит процесс оптимизации последовательности ENVSEQ, который займет несколько секунд.

По окончании в Output Window появится краткий отчет.

```

*
*****
*
Sequencing complete for MRO run run1.
3 envelopes input to sequencing.
3 economic envelopes after costs are applied:
  Envelope      Tonnes      Initial      Final
  Number                               Value      Value
      3         126250    425104.313    400821.5
      1          15000     32055.598     21082.795
      2          10000     20569.014     12629.081
*
*****
*

```

В нем указываются тоннаж, начальные и окончательные значения по каждому из трех блоков. Теперь мы можем создать две каркасные модели:

Wireframe Connecting Envelopes - каркас показывает маршруты между блоками. Эти каркасы основаны на соединяющих блоки линиях, натянутых между двумя точками. Линии соединяют или центры тяжести или ближайшие точки на поверхностях блока, в зависимости от того, какой был выбран distance method. Каркасные модели в виде подземной выработки с квадратным поперечным сечением, по осевой линии (рис. 3.35.).

Wireframes Around Envelopes - каркасная модель вокруг внешней поверхности блоков модели, которые образуют каждую оболочку (рис. 3.36.).

Рекомендуется, чтобы Вы приняли заданные по умолчанию имена, которые даются для обоих наборов файлов каркасов. Нажмите кнопку Create, чтобы создать Wireframe Connecting Envelopes, и затем щелкните на Display, чтобы отобразить это в Visualiser.

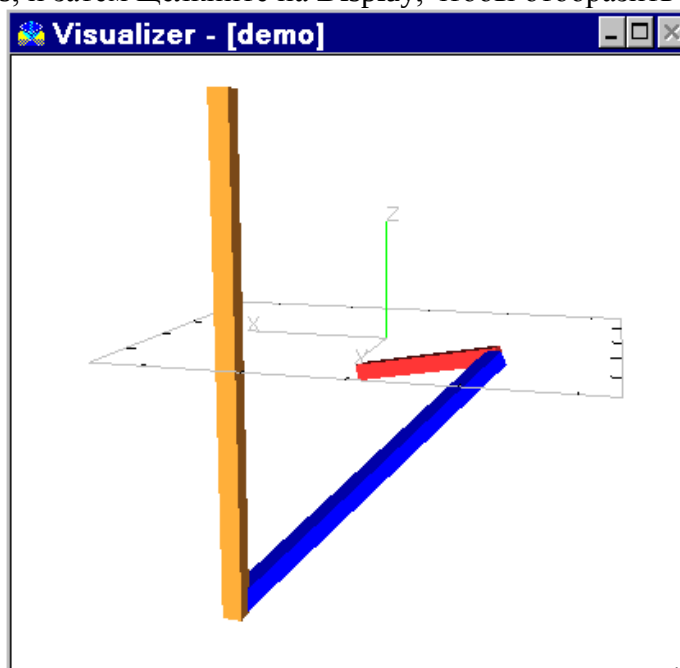


Рисунок 3.35. Каркасная модель, соединяющая последовательные оболочки извлекаемых запасов.

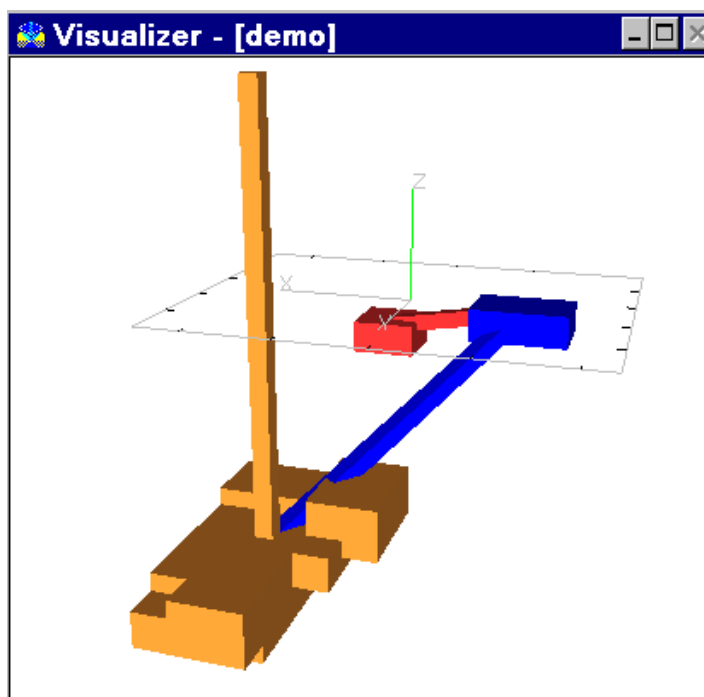


Рисунок 3.36. Каркасные модели оболочек запасов и соединительных «выработок».

Наряду с визуальным изучением последовательности мы можем также создать необходимые отчеты и таблицы.

Основной отчет показывает:

- Предшествующий блок, после которого будет разработан каждый следующий блок
- Тоннаж руды в каждом блоке
- Начальное значение ценности блока, измеряемое в данном примере в граммах металла
- Три значения затрат:
 - фиксированные затраты
 - переменные затраты предшествующего блока
 - переменные затраты на «подготовительные работы» от предшествующего блока до начальной точки следующего
- Окончательное значение ценности для блока – первоначальное значение минус затраты

Отчет о расстояниях содержит следующую информацию:

- Предшествующий блок, после которого будет разработан каждый следующий блок
- Координаты центра предшествующего блока
- Координаты центра следующего блока
- Горизонтальная составляющая расстояния между двумя блоками
- Вертикальная составляющая расстояния между двумя блоками
- Полное расстояние между двумя блоками

3.10.3. Проектирование подземного рудника

Для достоверной оценки проекта подземного рудника необходимо иметь модель системы вскрывающих, подготовительных и очистных выработок, по которой можно рассчитать объемы необходимых работ, соответствующие капитальные и

эксплуатационные затраты. На рисунке 3.37. показана модель выработок реального подземного рудника, разрабатывающего золоторудное месторождение.

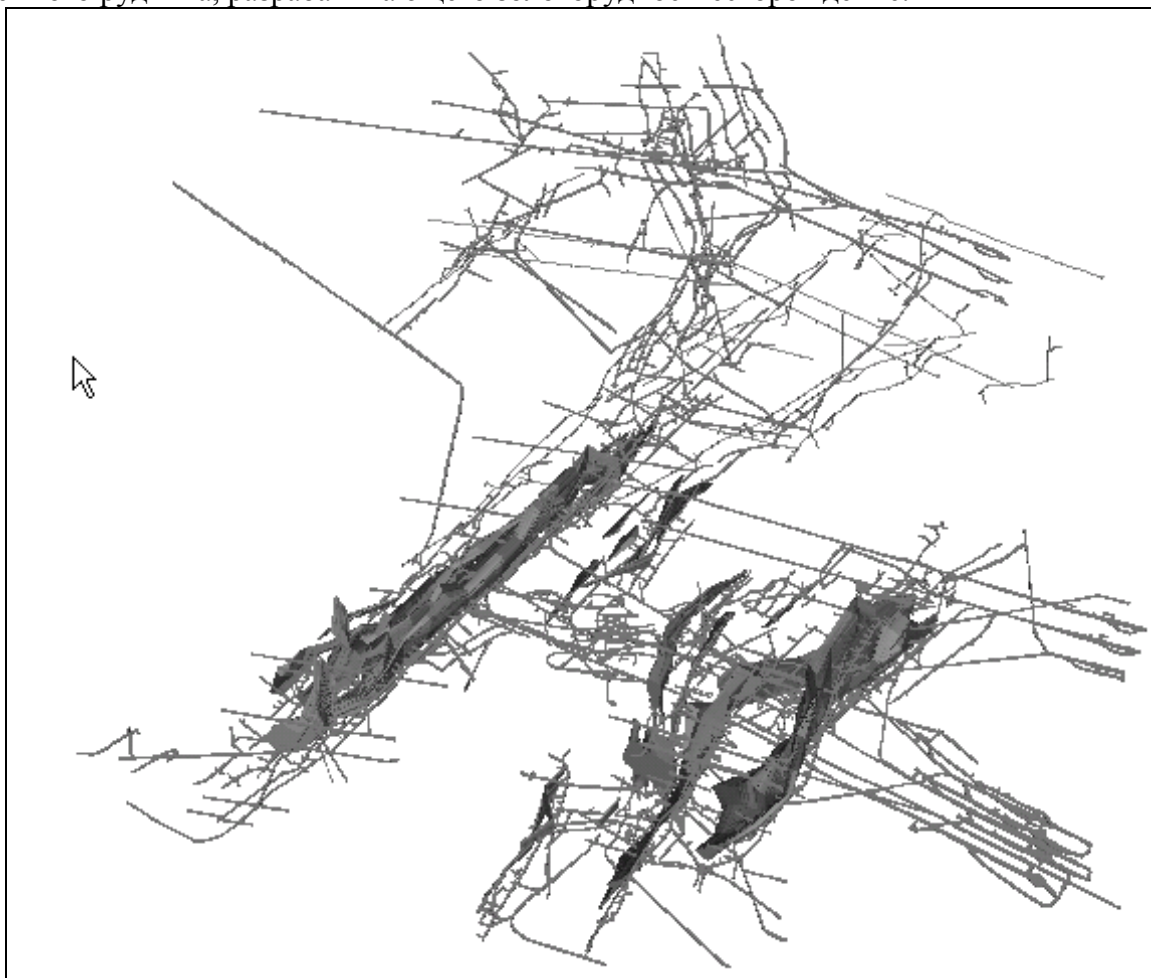


Рисунок 3.37. Каркасная модель подземного рудника.

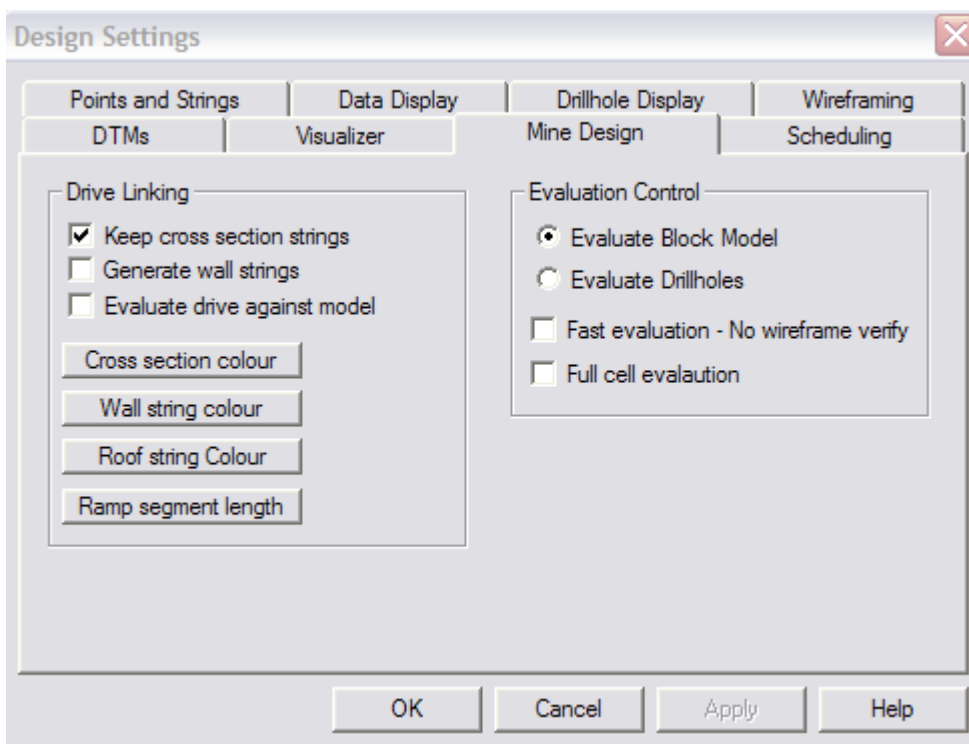
Существующие горные компьютерные системы позволяют качественно и очень быстро создавать многовариантные схемы подземного вскрытия месторождений, оценивать их эффективность и выбирать наилучший вариант по тому или иному критерию.

Далее производится интерактивное построение каркасов 3-х мерной сети подготовительных выработок любого сечения и протяженности. Часть операций по созданию сети выработок автоматизирована, особенно это касается спиральных съездов. Для любого спроектированного штрека или восстающего может быть моментально оценено количество извлеченной породы и попутно добытой руды. Ниже в качестве примера показаны возможности модуля подземного проектирования системы Датамайн.

Используя этот модуль, Вы сможете создать на экране осевые линии нужной длины, в требуемом направлении, с заданным радиусом поворота и уклоном. Хотя изначально они трактуются как центральные линии будущих выработок, но инструменты для их создания могут быть с успехом применены и в других направлениях подземного проектирования.

После создания осей выработок и объединения их (если необходимо) Вы можете выбрать (или сами построить) для них требуемые сечения и расставить их по длине выработок в нужных местах. Далее программа (по Вашему требованию) объединит эти детали в единую каркасную модель, которая даст Вам массу новых возможностей для создания полноценного проекта.

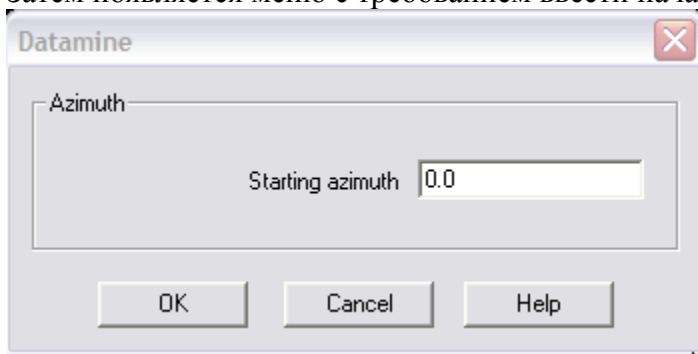
Для облегчения работы рекомендуется сначала выбрать удобные параметры проектирования с помощью меню “Design Setting”, показанного ниже.



Создание осевых линий выработок

Первая операция подземного проектирования часто заключается в создании осевой линии вскрывающей выработки. После выбора команды Create Ramp String программа попросит выбрать начальную точку выработки. Обычно, она располагается на топографической поверхности, которая выводится на экран в виде среза каркасной модели.

Затем появляется меню с требованием ввести начальный азимут выработки.



Далее Вы должны ввести уклон выработки в градусах. Угол отсчитывается от горизонтали: вверх – положительный, вниз – отрицательный (для вертикальных стволов - 90 градусов).

Для спиральных съездов вводится радиус в метрах. После этого необходимо определить желаемую длину выработки. Если Вы ранее указали радиус съезда, то программа попросит Вас указать, какой длины будет Ваша выработка:

- половина окружности
- четверть окружности
- реальная длина
- конечный азимут

Если Вы выбрали одну из 2-х последних позиций, то должны будете также указать длину или азимут выработки.

После этого программа создаст осевую линию выработки с требуемыми параметрами (Рис. 3.38). Исходные данные для проектирования этих выработок приведены в таблице 3.7.

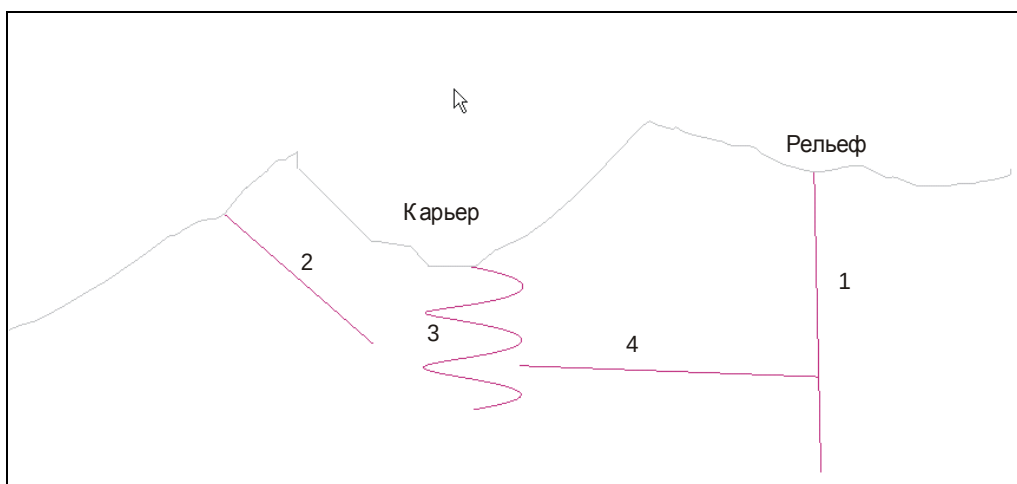


Рисунок 3.38. Пример проектирования осевых линий вертикального (1), наклонного (2) стволов, спирального съезда (3) и квершлага (4)

Таблица 3.7. Исходные данные для проектирования вскрывающих выработок.

Показатели:	Вертикальный ствол	Наклонный ствол	Спиральный Съезд*	Квершлаг
Азимут	0	40	40	220
Уклон	-90	-40	-10	2
Радиус	-	-	50	-
Длина	300	200	800*	300

* В данном случае выбрана реальная длина съезда.

Таким образом, можно спроектировать большинство выработок, имеющих постоянное направление и спиральные съезды с постоянным радиусом. Центральные линии всех других выработок создаются интерактивно на экране с помощью команды New-string (ns).

В программе Студия 3 имеются команды Ramp between 3 points (Съезд между 3-мя точками) и Arc by 3 points (Дуга с помощью 3-х точек), которые полезны при создании спиральных съездов и закруглений между выработками. Например, с помощью первой команды можно плавно соединить 2 осевые линии горизонтальных выработок, расположенных на разных горизонтах (Рис. 3.39.)

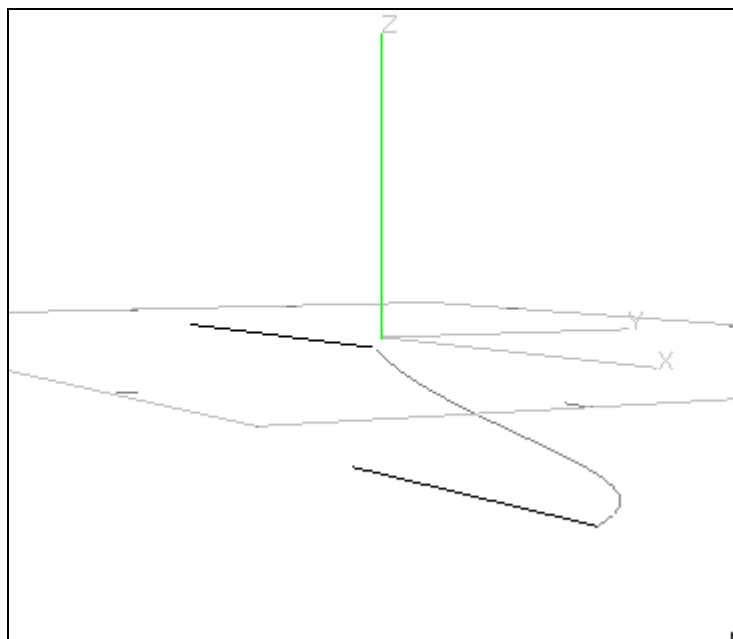


Рис. 3.39. Пример использования команды Ramp between 3 points

Команда Ramp between 2 points позволит Вам соединить съездом 2 выработки, расположенные на разных горизонтах. Для этого необходимо указать на экране начальную и конечную точки выработки, азимуты начала и конца, радиус и уклон. Если эти параметры выдержаны корректно, то программа нарисует съезд, который будет иметь подходящее число витков или часть витка.

Можно легко соединить 2 осевые линии закруглением требуемого радиуса (команда Ramp Curve Fit), рис. 3.40.

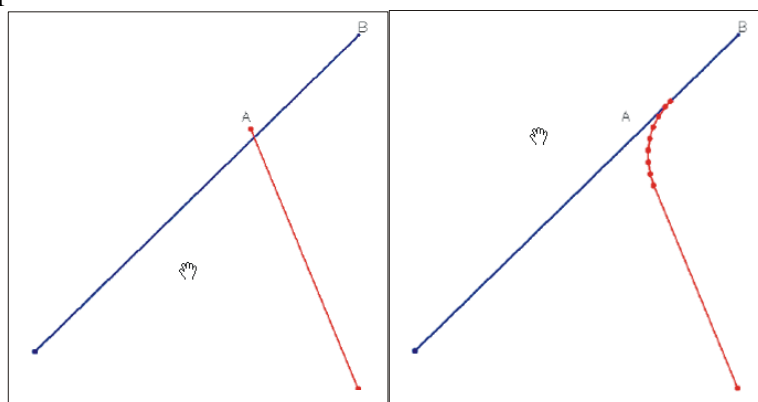


Рисунок 3.40. Соединение 2-х осей выработок закруглением

Естественно, что в качестве оси выработки может быть использована любая созданная Вами (произвольным способом) линия.

Для того, чтобы создавать линии с заданным уклоном, Вы можете использовать измерения в градусах, процентах или с помощью отношения 1:N. Чтобы задать необходимый уклон выработки, Вы выбираете точку на ее оси и команду Adjust To Gradient. Далее Вы вводите уклон (+ вверх, - вниз). Начиная с указанной точки, уклон выработки будет соответствовать Вашим требованиям. Этой командой можно изменять уклон любой части линии.

Если выработка имеет разные уклоны на своем протяжении, то с помощью команды Smooth Gradient можно получить один средний уклон для всей выработки.

Команда Connect to Grade позволяет соединить осевые линии выработок, расположенных на разных уровнях, с заданным уклоном (Рис. 3.41).

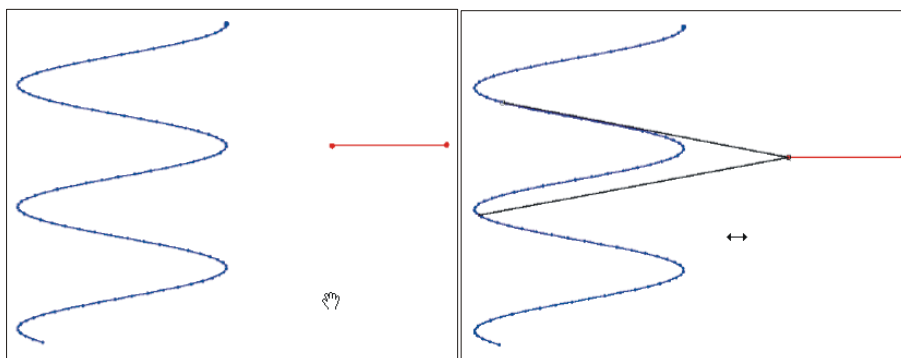


Рисунок 3.41. Соединение оси штрека с осью спирального съезда двумя линиями с разным уклоном (осями).

На рис. 3.42. показана интерполяция контура кровли выработки (3) с помощью маркшейдерской линии (2) и контура подошвы (1) (команда Fit Elevation).

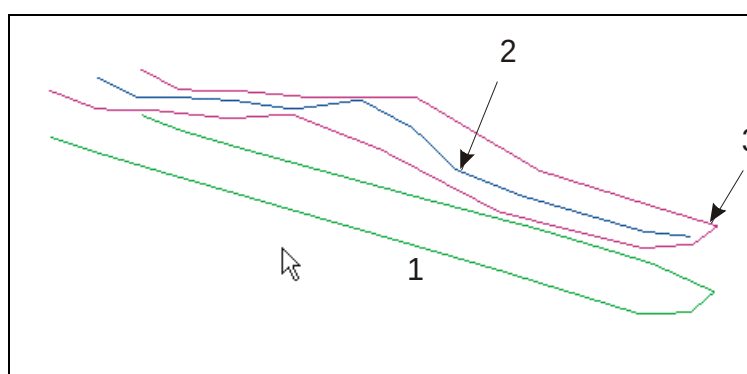
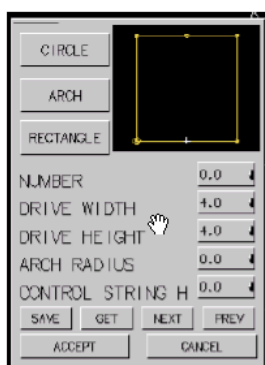


Рисунок 3.42. Интерполяция контура (3) по заданной линии (2).

Создание каркасов выработок

Для того, чтобы создать каркас выработки, Вы должны выбрать форму, размеры, ориентацию и расположение на трассе выработки ее сечения (сечений).



Доступные стандартные сечения: круглое (или эллипс), арочное и прямоугольное предлагаются в ответ на ввод команды Select Cross Section. Далее Вы указываете ширину и высоту сечения, а также радиус арки. Кроме того, необходимо указать высоту созданной вами оси выработки от ее подошвы. Это требуется для правильной установки выбранного сечения выработки на ее центральной линии. Созданные Вами стандартные сечения могут быть сохранены и вызваны на экран в любое время.

Можно создать с помощью этого окна требуемый для работы набор сечений. Эти сечения нажатием кнопки «SAVE» записываются в особый файл, содержащий поля:

XP, YP – координаты точек контура сечения в локальной системе координат, где координаты точки пересечения с центральной линией выработки – 0,0

PTN – номер точки в контуре сечения

CXVALUE – номер линии контура сечения в файле

TAG – не заполняется.

Команда «Link Drive Centrelines» позволит Вам создать каркас выработки с одним заранее выбранным сечением (рис. 3.43). Но, прежде, Вы должны будете указать имя файла, где будет храниться информация о создаваемых Вами выработках, а также плотность породы по умолчанию, которая будет использоваться для автоматического расчета тоннажа извлекаемых пород при проходке выработки. Если Вы проектируете

рудник с загруженной блочной моделью месторождения, то программа будет вычислять тоннаж с учетом информации о плотности руд и пород, содержащейся в модели.

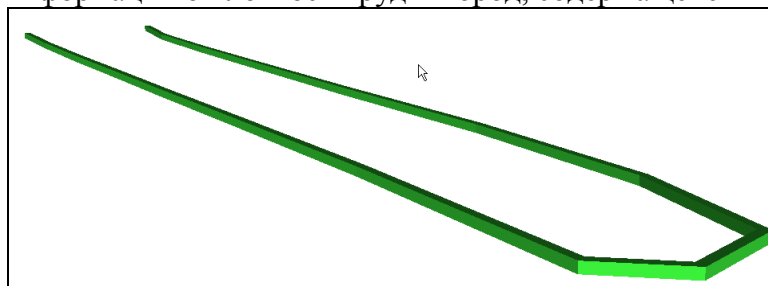


Рисунок 3.43. Каркас выработки квадратного сечения

Для того, чтобы создавать выработки с разными сечениями по трассе, используются команды Assign Cross Section и Assign End Section. Первая команда позволяет установить для любой точки центральной линии свое, предварительно выбранное командой Select Cross Section сечение. Будет использовано последнее из выбранных Вами сечений. Если требуется развернуть сечение относительно оси выработки, то используется команда Assign End Section, которая попросит Вас указать курсором ориентацию каждого сечения.

Если по трассе выработки установлены разные сечения, то для создания каркаса используется команда Link Drive Ends, которая будет последовательно соединять в каркас указанные Вами части выработки (рис. 3.44.).

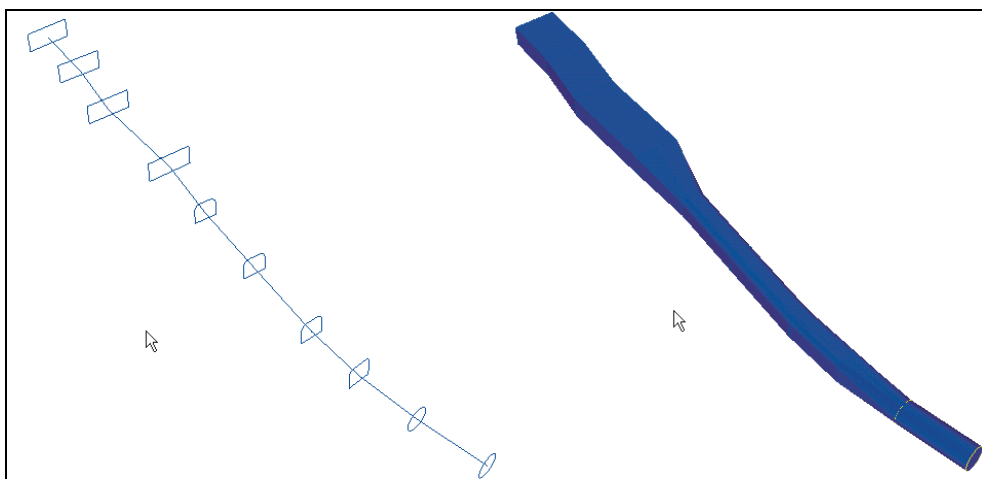


Рисунок 3.44. Каркас выработки, с разными сечениями по длине

Иногда для более качественного объединения соседних (существенно отличающихся) сечений в каркас требуется предварительное соединение их наиболее характерных точек с помощью линий связи (tag string).

При создании каркасов можно дополнительно получать линии стенок выработки на уровне подошвы и проекцию центральной линии на кровлю. Это делается с помощью переключателя Wall Strings Switch. Они могут быть очень полезны при проектировании, и их можно сохранить с помощью обычной команды сохранения линий.

Команда «Link Single Outline» бывает полезна, когда надо создать каркас по имеющемуся (замкнутому) контуру подошвы выработки. Требуется указать только высоту выработки (рис. 3.45.). Если контуры подошвы и кровли различны, то используется команда «Link Two Outlines»

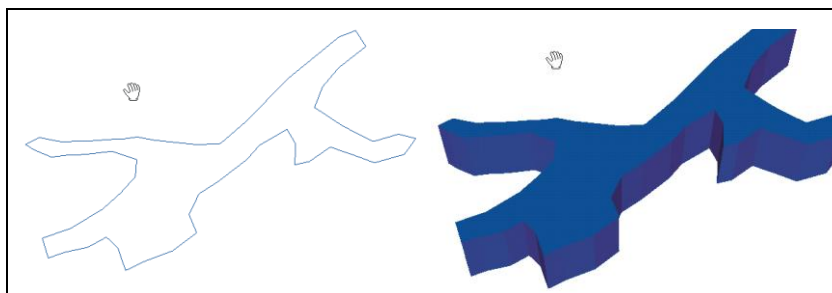


Рисунок 3.45. Каркас выработки, созданный по контуру ее подошвы.

Команда «Fit Cross Section» даст Вам возможность автоматически подобрать требуемые сечения выработки, если у Вас имеется только контур подошвы и маркшейдерская линия кровли (рис. 3.46). В этом случае необходимо предварительно выбрать форму сечения и соединять подобранные программой сечения каркаса известной командой каркасного моделирования «Link – strings».

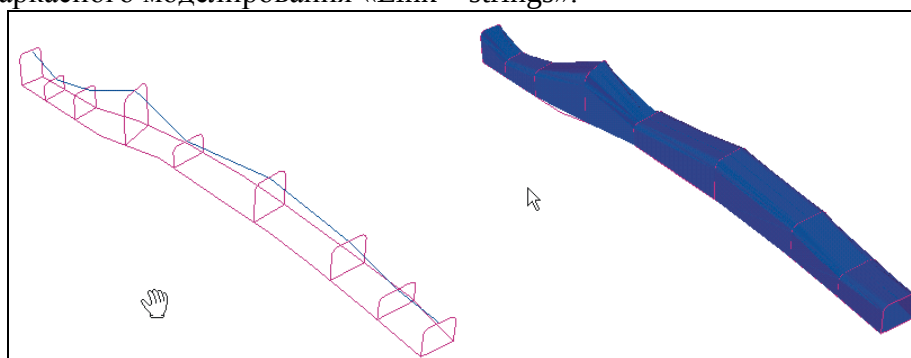


Рисунок 3.46. Создание каркаса по контуру подошвы и линии кровли

С помощью описанных команд Вы сможете спроектировать практически любую сеть подземных выработок. Если эти команды Вас почему-то не устраивают, то можно применять обычные инструменты каркасного моделирования, которые расширяют Ваши возможности еще шире. В частности, для указания внешних и внутренних границ создаваемых поверхностей Вы можете использовать команды Select outer (inner) Limit. Студия 3 имеет ряд дополнительных возможностей и команд для подземного проектирования.

Для объединения разных частей и отдельных каркасов выработок используются соответствующие общие команды каркасного моделирования. Для того, чтобы прочитать статистическую информацию о выработках, созданный Вами файл статистики должен быть закрыт.

После того, как будет создана система всех капитальных и подготовительных выработок (рис. 3.47.), программа моментально рассчитает Вам всю необходимую статистику для оценки этого варианта.

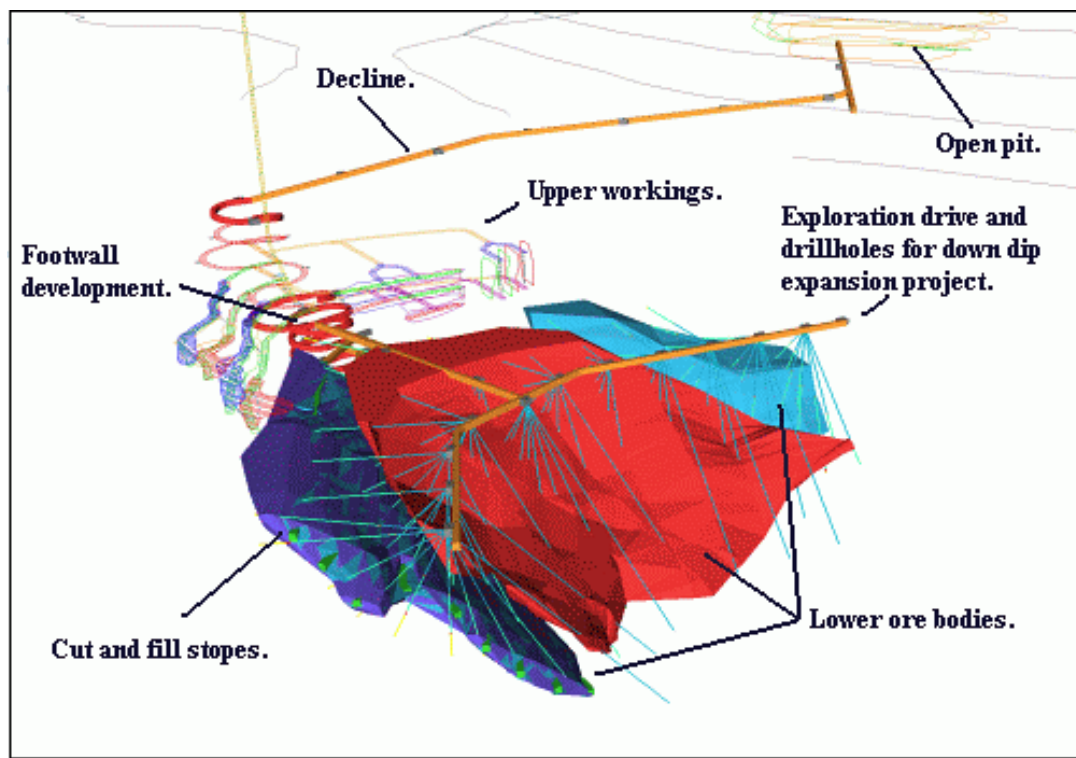


Рисунок 3.47. Пример моделирования подземного рудника.

3.10.4. Календарный план горных работ

В практике проектирования подземных рудников календарный план может создаваться несколькими способами.

Для этого можно использовать выходную информацию модуля MRO, рассмотренного выше. Имеются в виду результаты оптимизации последовательности извлечения блоков руды из полученных ранее оболочек. Предварительно, в этих оболочках должны быть спроектированы очистные блоки в соответствии с принятой системой разработки. Часть работы может выполняться в электронных таблицах, например, в MS Excel, где легко производятся вспомогательные расчеты (потери и разубоживание руды, средние содержания и т.п.) и рисуются необходимые графики.

Для разработки долгосрочных и среднесрочных планов подземных рудников все чаще используется программа Mine2-4D, которая способна создавать каркасные модели систем подземных выработок, включая очистные блоки, быстро рассчитывать объемы, тоннажи и содержания для извлекаемой горной массы (рис. 4.48.).

При этом каждая выработка и блок могут разбиваться на элементарные объемы, в результате чего повышается точность планирования и его оперативность.

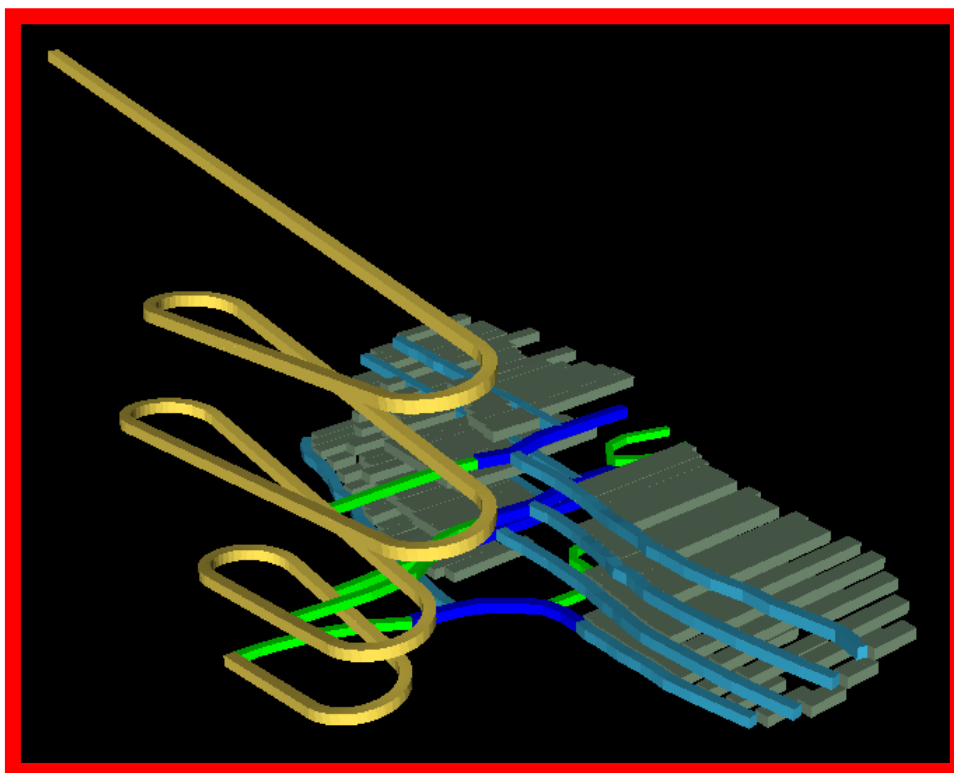


Рисунок 3.48. Пример каркасной модели части подземного рудника.

Главные возможности программы Mine2-4D:

- Оптимизирует время, требуемое для выполнения проекта, используя автоматизированный комплект инструментов.
- Сопоставление с реальными маркшейдерскими данными.
- Объединяет долгосрочные и краткосрочные графики.
- Обеспечивает быстрый и удобный переход от проекта к материалам для презентаций.
- Окружающие среды Графики и диаграмм Gantt динамически связаны - когда обновляется график в диаграмме Gantt, то данные автоматически модернизируются и в графическом проекте.
- Могут использоваться многие виды календарей.
- Быстро оцениваются затраты и ресурсы.
- Определенные пользователем формулы могут быть использованы там, где требуется.
- Инструменты автоматизированного каркасного моделирования, связывания и создания отчетов.
- Экономия времени на планирование.
- Специальные алгоритмы для проверки заданной последовательности горных работ перед экспортом информации.
- Полная online помощь с модернизаций, которая также доступна online.

Одной из составляющих программы Mine2-4D является модуль планирования EPS (Earthworks Production Scheduler), который в последнее время используется и автономно для создания горных планов открытых и подземных рудников.

EPS – это инструмент планирования для горной промышленности. Он полностью интегрирован с Mine2-4D, облегчая двухстороннюю передачу данных деятельности/ресурсов и зависимостей, чтобы, в конечном счете, создать максимально точный и обоснованный график производства. EPS может импортировать ‘данные последовательности добычи блоков’ из любой горной системы и использовать их для

планирования. Эта программа эквивалентна Microsoft Project, но разработана специально для горнодобывающей промышленности.

Рабочий экран EPS разбит на 3 окна (рис. 3.49.), каждое из которых имеет свои функции:

- Все действия в EPS происходят в пределах формата используемой базы данных. Эта база данных обычно имеет много полей; а рассмотрение этой информации возможно в области Task Table.
- Область Gantt chart показывает Gantt представление информации плана (графика), находящегося в области Task Table.
- Область Crosstab Table имеет способность показывать информацию из области Task Table в виде данных или гистограмм, определенных пользователем.
- Правый щелчок на экране покажет меню, доступные в Crosstab Table, Gantt chart, Date Bar, Task Table и на левой стороне области Crosstab Table. Пример простого календарного графика показан на рис. 3.50.

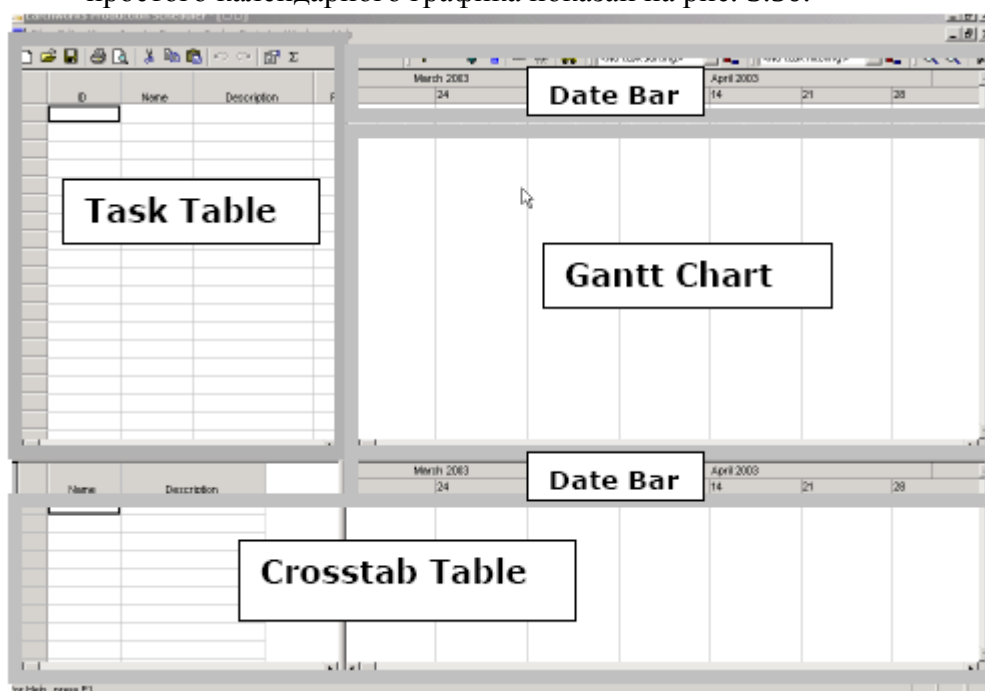


Рисунок 3.49. Рабочие области экрана EPS

Наиболее важные функции EPS:

- Импорт (или экспорт) данных из внешних электронных таблиц, например Microsoft Excel
- Создание определенных пользователем физических свойств плана - Содержание, Тоннаж, Метры, Затраты и т.д.
- Автоматическое изменение экрана Gantt, чтобы показать бары дат или перекрестные табличные данные
- Определение Действий/Задач как скорости или продолжительности во времени
- Изменение скорости производственной деятельности во времени
- Цветное изображение действий, чтобы позволить быстрое и легкое дифференцирование на определенном пользователем основании
- Поддержка отдельных календарей для планирования и отчетов, с возможностью получать информацию из любого промежутка времени
- Планирование отпусков и нерабочих периодов и показ их в Диаграмме Gantt

- Создание фильтров, чтобы создавать требуемые изображения Диаграмм Gantt и для перекрестных табличных данных
- Фильтрация и сортировка задач по любому полю или комбинации полей, включая определенные пользователем поля
- Объединение задач (создание зависимостей) и автоматическое вычисление графиков из этих зависимостей
- Определение трудовых ресурсов и оборудования для определенных действий
- Определение ресурсов как скорости, продолжительности или управляемого усилия
- Создание общего запаса ресурса, который будет разделен на множество графиков
- Установление наборов целей для всех определенных пользователем свойств при планировании производства
- Запись дат фактического начала и конца операции и отслеживайте процентов выполнения для всех действий
- Создание гистограмм в окне Crosstab для графического представления данных
- Открытие многих графиков одновременно
- Расчет планового и фактического дохода, фиксированных и переменных затрат за какое-то время
- Построение основных финансовых планов по доходам и затратам

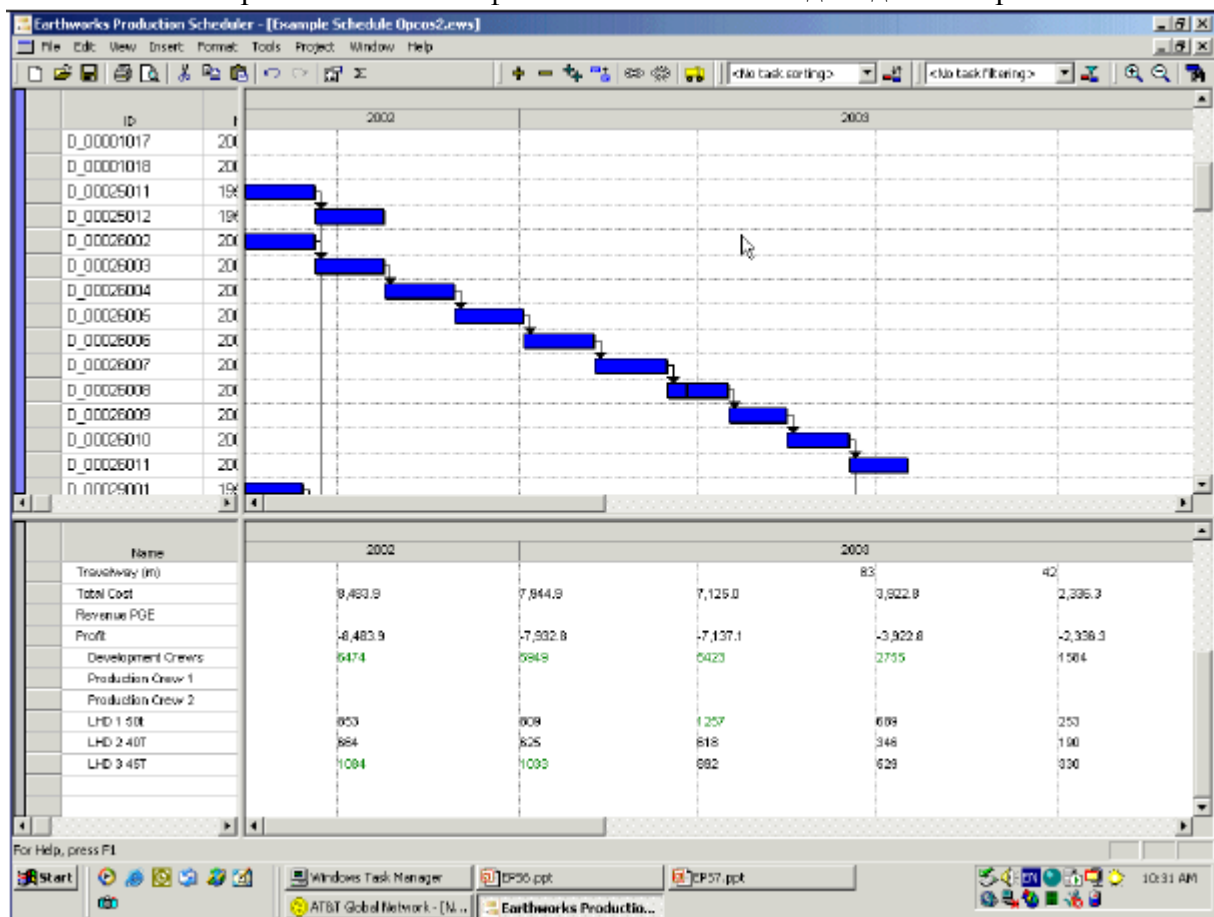


Рисунок 3.50. Пример простого графика для подземных горных работ.

4. Бортовое содержание и методы его оптимизации

4.1. Введение

В этой главе будут в основном изложены принципы определения ,оптимизации и управления категорией «БОРТОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ (БС)», как она трактуется и понимается в западной горной промышленности. Эта категория чрезвычайно важна для российского читателя и российской промышленности минерального сырья, поскольку политика БС изначально имела здесь кардинальные отличия от западных и рыночных традиций. По этой причине российские горные компании не использовали и до сих пор, во многих случаях, не используют этот важнейший рычаг управления экономическим здоровьем горного производства.

Поскольку отечественные публикации на эту тему после перехода страны на рыночную экономику практически отсутствуют, здесь будет изложена теория БС, изложенная в книге [1], а также опыт управления БС из нескольких западных технических статей.

4.1.1. Используемые обозначения

Анализ Сегодняшней ценности (СЦ или Present value):

- Время T
- Короткий интервал t
- Доступные ресурсы R
- Приращение ресурсов r
- Время на единицу ресурсов τ
- Стратегия разработки месторождения Ω
- Стратегия разработки для времени t ω
- СЦ (Present value): $V = V(T, R, \Omega)$ (а также W)
- Максимум СЦ. $V^* = V^*(T, R)$

Знак (') свидетельствует о специальном значении в контексте

- Opportunity Cost - Возвращение, которое, возможно, было бы получено с имеющегося капитала, если бы он был инвестирован в другой, лучший проект. Это возвращение - правильный выбор для использования в качестве учетной ставки в вычислениях NPV, но его трудно определить. $F = \delta V^* - dV^*/dT$
- Поток наличности (Cash Flow) за год C
- Поток наличности на ед. ресурса c
- Приращение СЦ на ед. ресурса v
- Затраты капитала (учетная ставка) $\delta(100 \delta = \%)$
- Граничное значение Γ

Экономическая Модель

Процесс	Пропускная способность (ПС)	Переменные затраты на ед. ПС	Мощность, ПС в год
Горные работы	Горная масса (порода)	m	M
Переработка руды	Руда	h	H
Продажа продукции	Минерал	k	K

- Фиксированные или временные затраты за год f
- Цена за ед. материала p
- Бортовое содержание (БС), минерал/ед.руды g
- Оптимальное БС G

• Среднее содержание, минерал/ед.руды	g
• Отношение Руда/Горная масса	x
• Извлечение минерала при переработке руды	y (100y %)
• Количество материала	q
• Затраты на отработку ед. материала со складов	s
• Размер склада, единиц материала	S
• Пересечения БС корд. осей, минерал/ед.руды	$\gamma_1 \gamma_2$

Суффиксы обозначают годы или имеют специфическое значение в контексте, Другие символы могут также использоваться с соответствующими местными определениями.

4.1.2. Исходные замечания

Минералы пронизывают земную кору в различных концентрациях во всем мире. Ковш почвы, взятый из большинства садов и огородов, будет вероятно содержать измеримые количества алюминия, кварца, калия, железа и т.д. Они могут представлять интерес для садовника, но не для шахтера по очевидной причине, что концентрации минералов являются слишком низкими.

Фактически, концентрация минералов в породе – это ее критическое свойство. Горнодобывающая промышленность может быть рассмотрена, как промышленность, где интерес к породе растет с концентрацией минералов — при большой концентрации они становятся рыночными.

Обычно этот процесс протекает постепенно. Первая стадия - разведка, которая занимается поиском минерализованных областей в коре земли, где уже произошла некоторая степень естественной концентрации минералов. Вторая стадия – горные работы, при которых определенные части минерализованной области добываются для дальнейшей переработки. Последующие стадии связаны с переработкой руды и обычно включают: дробление, измельчение, флотацию, выщелачивание, плавление, очистку и т.п.

Подразделение всего процесса на стадии, и установление точных границ между ними, зависит от экономики используемых технологий. Например, более тонкий размол обычно будет приводить к лучшему извлечению минерала, но за счет более высокого расхода энергии. Точно так же, лучшее извлечение обычно будет связано с более длительной циркуляцией раствора за счет более высокого потребления кислот. Таким образом, взаимодействие стадий и их оптимальная комбинация могут быть решены только при рассмотрении процесса в целом.

Эта книга сконцентрирована исключительно на второй стадии - добыче руды. Она часто упоминается просто как добыча руды, хотя часто используются ссылки на все горное производство, включающее все стадии. главным центром внимания этой книги является граница, которая в пределах данного минерализованного тела позволяет отличать материал, предусмотренный к отработке, от породы. Эта граница обычно определяется БС и теорией, которая изложена в следующих главах. В других случаях, там, где, например, для выполнения специальных требований к качеству продукции, необходимо усреднение, данная теория может быть непосредственно не применима.

Чтобы избежать двусмысленностей, слово руда используется исключительно, чтобы обозначить часть горной массы (материала), которая добывается для последующей переработки. Следовательно, экономическое обоснование БС в действительности обеспечивает определение руды.

В процессе изложения сначала рассматриваются экономические принципы анализа, а затем прослеживаются последствия применения этих принципов на практике при различных обстоятельствах. Хотя это приводит к некоторым математическим сложностям в определенных областях, но затем выясняется, что это совсем нетрудно, а в дальнейшем обычное размышление требуется гораздо чаще, чем проворство с алгеброй.

Теория БС и вывод главных формул описаны достаточно детально. Однако цель состоит в том, чтобы объяснить идеи, а не стремиться к математической строгости. Теория иллюстрирована практическими исследованиями и примерами, которые основаны на фактических данных.

В начале, рассматриваются проблемы семантики. Много важных слов в горной промышленности обычно используются небрежно с различными значениями в различных контекстах и на различных предприятиях. Это приводит к недоразумениям и конечно препятствует развитию ясных понятий. Например, выше было упомянуто слово "руда". Минерализованные тела называют рудными телами намного раньше, чем они будут добыты и даже раньше, чем обсуждались какие-либо серьезные планы их отработки. Затем часто выделяются и подсчитываются различные категории запасов: possible, probable, proven, обуренные, inferred и подготовленные и т.д., хотя, строго говоря, они являются только оценками тоннажа минерализованного материала, который может быть рудой при определенных обстоятельствах в будущем.

Оптимальная экономическая политика БС была разработана на основе рассмотрения разнообразных проектов за прошлые 30 лет. Общее заключение, которое удалось сделать для хорошо работающих рудников, – они работают так, что их политика управления БС мало отличается от выводов данной теории. Эти рудники обычно проектировались и впоследствии модернизировались так, чтобы обеспечить максимальную эффективность работы.

На практике размеры имеющегося оборудования и технических сооружений часто не разрешают большой гибкости управления БС, и поэтому они могут изменяться только в узких пределах. Напротив, когда разрабатываются проекты строительства новых шахт и расширения действующих предприятий, то данная теория может указать стратегии управления БС, весьма отличные от обычной политики, что часто дает существенный дополнительный доход.

Хотя большое число вычислений БС может быть сделано вручную, но они могут быть и очень сложными, что особенно справедливо при определении политики БС в долгосрочном планировании и при оценке полиметаллических месторождений. Поэтому в мире существует ряд горных компьютерных систем, которые помогают выполнять эти расчеты. Некоторые из них были рассмотрены в главе 3.

4.2. Экономические Принципы

Обязательный вопрос, который задают о каком-либо минерализованном теле, - содержит ли оно руду? Или, более строго, содержит ли оно потенциальную руду?

Неудобное последствие использования экономического определения руды - то, что не существует какой-либо внутренней характеристики минерализованного материала, которая бы сама по себе давала ответ на этот вопрос. Хотя геологи часто вычисляют 'долларовую стоимость тонны породы', чтобы примерно оценить намечаемые цели разведки, но фактически, полезные ископаемые в недрах не имеют никакой явной ценности. Только, когда они будут извлечены, переработаны и проданы клиенту, они будут обладать какой-то ценностью. Поэтому, **определение руды не может быть отделено от экономики горного производства в целом, и только экономика всего горного процесса может определить экономическое определение руды.**

Это утверждение фундаментально. Минерализованные тела часто упоминаются как ценные ресурсы. В некотором смысле они могут быть ими, но это также может и вводить в заблуждение. Они, конечно, не являются сами по себе таким ценным ресурсом, какими являются деньги в банке или даже урожай зерна на земле. Единственная ценность, которой они могут обладать, - это цена, которую горная компания может предложить за права на их добычу. Более реалистично то, что минерализованное тело должно быть расценено только как потенциал для возможного развития в процессе горных работ.

Любая оценка, которая могла бы быть в этом случае приписана данной минерализации является неотъемлемой частью доходов от будущей отработки.

Из этого следует то, что для экономического обоснования определения руды сначала должен быть выполнен анализ действующих или планируемых горных работ. Понимание экономических факторов, которые влияют на границы руды, должно быть связано с ясным пониманием экономических факторов, которые влияют на весь процесс горного производства.

Влияющие на процесс факторы (рынки, цены и затраты) могут быть объединены, используя экономическую концепцию стоимости. Горное производство зарабатывает доход и несет затратам; поэтому оно является экономической системой, и ей может быть приписана упомянутая стоимость.

Эта стоимость (ценность) явно зависит от определения руды, некоторые варианты такого определения дают более высокие ценности чем другие. Вариант, который производит самую высокую ценность, оптимален, и его параметры принимаются, как экономическое определение руды. Другими словами, **материал из минерализованного тела должен быть добыт как руда, если, и только если, решение о его переработке увеличивает полную экономическую ценность производства. Это - решающий критерий.**

Оценки экономической ценности проектов получаются с помощью расчета потоков наличности. В результате получения доходов и несения затрат производство получает ежегодные чистые потоки наличности. Они могут быть объединены для получения величины Сегодняшней Ценности (СЦ) или 'present' value (PV) с помощью дисконтирования или обесценивания будущих потоков наличности в соответствии с затратами капитала.

Точная теория СЦ (present values) или их обратных величин - внутренних норм возращения (IRR), а также методов определения затрат капитала находится вне пределов данной книги. Она была широко обсуждена и проанализирована во многих книгах и статьях и принята финансовыми аналитиками горной промышленности. Она почти повсеместно используется для того, чтобы оценить существующую собственность и новые проекты. В общих чертах стратегия расчетов финансовых оценок горных проектов рассматривается в разделах 6-8. Однако, ее использование как средства для определения оптимальной производственной политики горной компании менее распространено.

Конечно, это не делает данную теорию менее полезной, но появился некоторый скептицизм в отношении критерия СЦ в этом контексте, особенно, когда получаемые результаты значительно отличаются от традиционных идей. Различия связаны обычно с тем, что максимизация величины present value приводит к более высоким содержаниям в добываемой руде и большей производительности горных компаний, что кажется несовместимым с оправдывающей себя консервативной политикой.

Высказанные замечания к критерию present value, тем не менее, весьма далеки от предложений равнозначных альтернатив. Имеющиеся пока альтернативы редко формулируются однозначно, но обычно включают два самых общих утверждения:

- минерализованный материал нужно рассматривать как руду только, если он обеспечивает получение прибыли;
- горные работы должны производиться таким способом, чтобы максимизировать извлечение ценного минерала.

Политика БС, которая следует из этих принципов, может быть похожей в зависимости от использования терминов, которые обсуждаются отдельно.

Первое утверждение в некоторой форме обычно популярен среди технического персонала, но вопрос о вкладе в получение прибыли - предмет больших дебатов. Часто утверждается, что любой материал, для которого ценность извлеченного минерала превышает граничные затраты на переработку, должен быть рудой. Иногда к затратам

добавляются накладные расходы или минимальное значение прибыли. Основным аргумент здесь тот, что, если такой материал не классифицировать как руду, то будет потеряна возможность заработать прибыль.

Недостаток этого аргумента в том, что он полностью упускает ограничения производительности производства. Это эквивалентно утверждению, что розничный продавец должен добавить к своим запасам любые товары, которые обещают приносить минимальную прибыль. Но продавцы не делают этого. Они знают, что пространство ограничено, и в пределах этого ограничения они должны выбрать наиболее выгодные сделки. Подобные ограничения существуют и в горном деле. Оно имеет мощности, которые ограничены некоторыми пределами: шахта, завод, парк грузовиков, скорость развития, и т.д., и в пределах этих ограничений оно должно перерабатывать наиболее выгодный материал.

Эта политика совместима с использованием критерия, который использует минимальную величину прибыли, но сторонники этого критерия обычно не приводят никаких способов определения этого минимума, кроме существующей политики компании. В отличие от этого критерия критерий *present value*, дает точное определение связи настоящих и будущих доходов с помощью функции *present value*.

Второй принцип, связанный с тем, что извлечение ценного минерала должно максимизироваться, часто предпочитается владельцами прав на минеральные ресурсы, местными органами власти и защитниками природных ресурсов. Конечно, он требует немедленного ответа на вопрос, что является ценным минералом? Очень важный аргумент здесь тот, что все запасы минерала или все геологические запасы (независимо от того, какие они) должны быть извлечены в интересах сохранения ресурсов. Это - нереалистичная позиция, которая обычно происходит от непонимания того, как полезные ископаемые распределяются в недрах.

Менее экстремальное представление состоит в том, что рудник должен развиваться таким образом, чтобы более бедный материал будет отработан наряду с более богатым в смеси приемлемого качества, приводящего к удовлетворительной прибыли. Конечно, каждый рудник смешивает более бедный и более богатый материал по необходимости, и БС должно только определить, насколько бедным может быть примешиваемый бедный материал.

Главные защитники принципов максимального извлечения обычно подразумевают какие-то дополнительные ассигнования для бедного материала, который не является сам по себе экономичным. Что это означает, неясно, но идея о дополнительных субсидиях для разных рудных содержаний экономически необоснованна, кроме как в специальных обстоятельствах. Более разумная точка зрения определяет оцениваемый материал таким же образом как для первого критерия. В этом случае оба эти принципа (критерия) два дают тот же самый результат и страдают от того же самого эффекта, не учитывающего ограничений пропускной способности производства.

Оба критерия имеют и другой большой недостаток; они ведут себя неудовлетворительно при изменениях цен, а также и других экономических параметров, но цена имеет преобладающее значение.

Дело в том, что, как и во всех сбалансированных (безубыточных) вычислениях, которые сравнивают внутреннюю ценность с затратами в некоторой форме, более высокие цены ведут к снижению БС. Затем более низкие БС приводят к снижению средних содержаний и, если количество перерабатываемой руды остается тем же самым (как это чаще всего бывает), то выход конечной продукции снижается. Это является противоположным тому, что должно было бы случиться на рынке. Более высокие цены подразумевают дефицит предложения относительно спроса и должны вызвать увеличение, а не уменьшения предложения. Поэтому рудник при более высокой цене продает меньше продукции чем при низкой, а такая политика не может иметь смысла.

Present value - единственный критерий, который действительно использует аппарат, учитывающий изменение экономических условий. Параметры, определяющие эти условия, включены в оценки present value и влияют на вычисления БС путем, который избегает бессмысленных реакций на изменения цен.

Часто критика критерия present value в действительности является выражением специфических интересов. Например, для штата действующего рудника редко бывает выгодно поддерживать политику, которая сокращает жизнь горной компании; она угрожала бы их собственным средствам к существованию. Точно так же местные органы власти обычно желают видеть длительную работу компании, потому что это влечет за собой продолжение занятости населения, приток налогов и, возможно, лицензионных платежей.

Конечно существует очевидный конфликт между интересами сотрудничающих сторон, но, со строго экономической точки зрения, это не неизбежный конфликт. Если рудник запроектирован таким способом, чтобы максимизировать его NPV (Net Present Value), то теоретически компания получит больше дохода, чтобы разделить его между всеми акционерами. Каждый может получить максимум возможного дохода. Выиграют ли все участвующие в проекте стороны в этом случае или нет, зависит от деталей соглашений между ними, но это - предмет рассмотрения их собственных прав.

4.3. Ограниченные Ресурсы и Present Values

Как уже было подчеркнуто, каждый рудник работает на запасах руды, которые в конечном счете имеют ограниченное распространение. Некоторые из рудных тел локализованы и истощаются в течение месяцев; другие обширны, и кажется, что они имеют неограниченные ресурсы руды. Тем не менее, все они конечны и, рано или поздно, будут исчерпаны.

Эта особенность делает анализ производственных стратегий для рудников очень специфичным по сравнению с аналогичным анализом для большинства других индустриальных или коммерческих предприятий. Фундаментальное понятие оптимизации с помощью максимизации present values является здесь весьма уместным. Однако, другие отрасли промышленности обычно не связаны с ограниченными ресурсами и, следовательно, их операционные стратегии не воздействуют на их будущее таким же «драматическим» образом. Для рудников, чем выше размеры добычи, тем короче их жизнь и наоборот. Эффект этого обстоятельства должен, так или иначе, быть включен в анализ. Конечно, сама функция present value обеспечивает средства для того, чтобы делать соразмерными потоки наличности, получаемые в разное время. Поэтому очень важная предварительная работа перед анализом стратегии БС - это экспертиза оптимизации present value для процесса, основанного на конечных ресурсах. Она обязательно использует немного математики, но детальные объяснения этой операции приводятся в следующих параграфах.

Обозначим present value процесса (проекта), основанного на конечном ресурсе, как V . Процесс может быть горным, но анализ является общим и может быть применен к любому типу операций с конечными ресурсами, например, разгрузка склада руды.

V вычисляется как сумма будущих потоков наличности, обесцененных к сегодняшнему дню. Если эти ежегодные потоки наличности: $C_1, C_2, \dots$ а связанные с ними затраты капитала (учетная ставка) - δ ($100 \times \delta$ = процент), тогда

$$V = C_1/(1 + \delta) + C_2/(1 + \delta)^2 + \dots$$

Потоки наличности $C_1, C_2, \dots$ зависят от текущих цен и затрат, поэтому величина самого V зависит от условий настоящего времени T , которое формирует основу вычисления. Другими словами, present value (ПЦ) двух совершенно одинаковых операций, выполненных в разное время, будет отличаться.

т.е. $V = V(T)$

Далее, СЦ также должна зависеть от количества все еще доступного ресурса R . Обычно оно должно уменьшаться, поскольку ресурс расходуется и уменьшается до нуля, когда ресурс полностью исчерпан.

т.е. $V = V(T, R)$ and $V(T, 0) = 0$

Это, однако, еще не конец истории. Параметр V должен зависеть еще от многих других переменных, которые описывают технологическую цепочку, с помощью которой осуществляется операция. Вместо того, чтобы описывать длинный список сопутствующих рассматриваемому процессу деталей, представим совокупность этих переменных одним символом Ω . Он определяет все операционные стратегии, которые будут использоваться в будущем и, следовательно,

$V = V(T, R, \Omega)$

В случае стратегий БС для рудника, Ω будет состоять из переменного БС (скажем g), которое может принимать разные значения $g_1, g_2, g_3 \dots$ в течение остающихся лет жизни рудника. Такую последовательность значений можно назвать политикой и поэтому значения $g_1, g_2, g_3 \dots$ определяют политику БС. Таким образом, в этом случае, если БС - это единственные исследуемые параметры, то

$\Omega = g_1, g_2, g_3 \dots$ и

$V = V(T, R, g_1, g_2, \dots)$

Теперь, возвращаясь к общему случаю, для всех наборов операционных стратегий Ω , которые могут быть использованы, должно быть, по крайней мере, одна, которая является оптимальной, т.к. она дает максимальную величину $V(T, R, \Omega)$. Или, выражаясь иначе, любой набор значений для Ω даст вершину величины $V(T, R, \Omega)$, и, если Ω будет различным для каждого набора данных, то $V(T, R, \Omega)$ будет также изменяться, и для каждого набора данных, по крайней мере, одно значение будет максимальным.

Назовем этот максимум $V^*(T, R)$. Существенное наблюдение в этом пункте состоит в том, что это больше не функция Ω . $V(T, R, \Omega)$ сама по себе была такой функцией, но $V^*(T, R)$ нет.

Это похоже на наблюдение, что высоты на карте являются функцией их положения, но высота самой высокой точки нет. Она имеет, конечно, свое положение но зависит только от специфической области, изображенной на карте, и ни от чего больше. Таким образом,

$\max_{\Omega} \{V(T, R, \Omega)\} = V^*(T, R)$

Перед дальнейшим изложением теории, рассмотрим функцию $V^*(T, R)$ более подробно. Это - функция двух переменных и поэтому формирует поверхность. При $R = 0$, когда ресурс исчерпан, $V^* = 0$ так как поверхность переходит в ноль вдоль оси $R = 0$. Кроме того, эта функция вообще должна уменьшаться при уменьшении R (только в случае, когда оптимальная стратегия использует отток наличности, функция будет увеличиваться).

Возможная поверхность показана на рис. 4.1, и понимание этой фигуры достаточно важно. Поверхность, которую она представляет, последовательно опускается к нижней оси, на которой доступные ресурсы равны нулю. Эта ось сама по себе - контур нулевой СЦ. Перемещаясь поперек фигуры, поверхность имеет рябь в направлении времени. Эта рябь является результатом изменений в прогнозируемых ценах и затратах, которые вызывают изменения в оценках СЦ в разное время даже для тех же самых доступных ресурсов. Постоянные цены и затраты дали бы ряд горизонтальных параллельных графиков.

Из двух независимых переменных T и R , первая не управляема. Это - просто дата, на которой базируется СЦ, то есть она определяет момент, к которому приведены потоки наличности. Вторая переменная - R , или более точно, - скорость, с которой уменьшаются ресурсы, является непосредственно производственной переменной. Поскольку R

уменьшается (то есть, ресурс обрабатывается), время обязательно идет вперед, и изменяющаяся величина ресурса во времени может быть изображена в виде графика. Он представляет собой линию, или след на поверхности, как показано на рис. 4.2. Этот след определяет скорость, с которой ресурс потребляется в каждый момент времени в течение жизни рудника и, следовательно, это - полная характеристика стратегии эксплуатации ресурсов. Его можно назвать траекторией эксплуатации (Рис. 4.2).

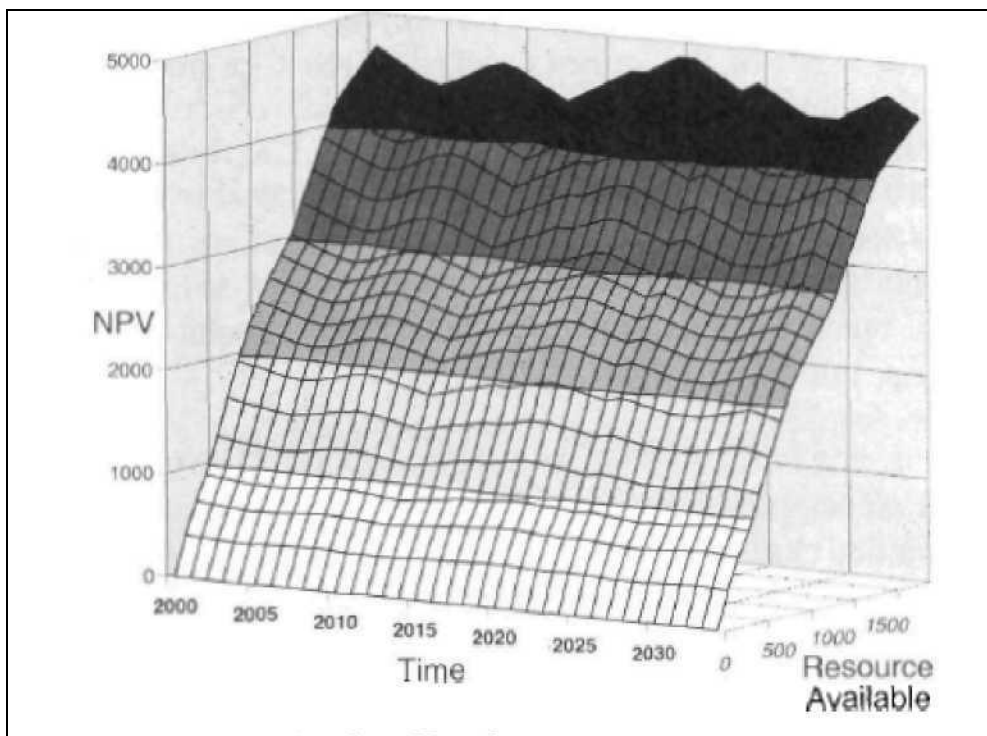


Рисунок 4.1 Поверхность Максимумы СЦ

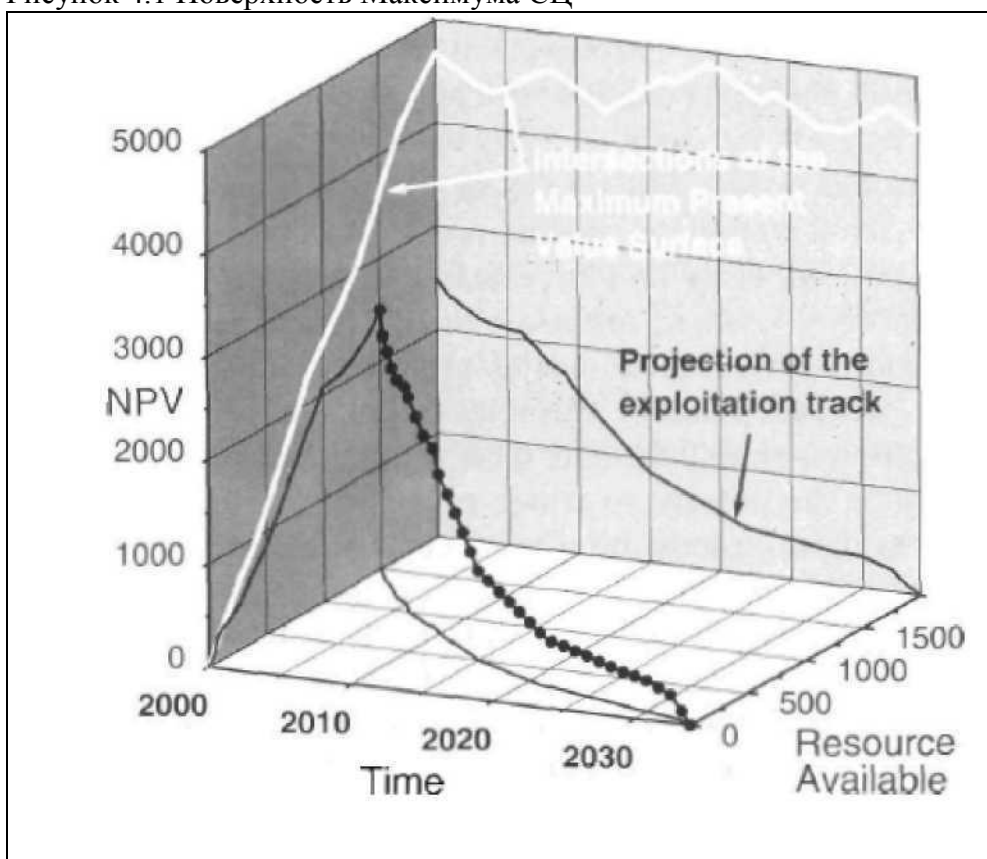


Рисунок 4.2 Траектория эксплуатации ресурсов (белыми линиями показаны сечения поверхности максимальной NPV параллельными плоскостями)

Эта траектория является проекцией на плоскость времени и ресурса, которая определяет стратегию эксплуатации. Она начинается с 1500 единиц ресурса, доступного в 2000 году. Приблизительно 400 единиц потребляются за первые 5 лет, но скорость эксплуатации ресурсов уменьшается приблизительно до 100 единиц в последние 5 лет. Ресурс будет полностью исчерпан к 2035 году.

Каждая траектория эксплуатации имеет связанную с ним последовательность СЦ (NPV). Учитывая прогнозные цены, затраты и другие экономические параметры, для каждого года могут быть вычислены потоки наличности, и с помощью них могут быть, рассчитаны СЦ для каждой точки траектории.

Стратегия эксплуатации, показанная на рис. 4.2 в виде жирных точек, может быть спроецирована на плоскость СЦ,Т. Из этой проекции видно, что в 2000 году величина $NPV = 2500$. Она уменьшается до 2000 приблизительно в 2007 году и затем устойчиво падает до 0 к 2035.

Эти значения СЦ могут быть сравнены со значениями в соответствующих точках на поверхности максимальной СЦ, пересечения которой с двумя вертикальными плоскостями показано белыми линиями на той же самой фигуре для ссылки. Очевидно, ничто не может превысить имеющийся максимум, и другие возможные значения всегда будут меньше. Когда встречается равенство, то траектория в этой точке будет соответствовать траектории оптимальной стратегии. Кроме того, СЦ в каждой последующей точке вдоль такой траектории также должна равняться соответствующим максимумам; если нет, то тогда может быть построена альтернативная траектория, приводящая к более высокой СЦ и отрицанию определения максимума.

Этот принцип фундаментален. Траектория оптимальной стратегии должна быть оптимальной для каждой точки по ее длине и все связанные с ней СЦ должны быть максимумами. Другими словами, траектории оптимальных стратегий должны находиться на поверхности максимальных СЦ. Обычно они формируют ряд параллельных линий на этой поверхности. Одна из них, соответствующая тому же самому начальному положению (1500 единиц ресурса в 2000 году), показана на рис. 4.3. (Применение этого принципа оптимизации в математике известно как динамическое программирование).

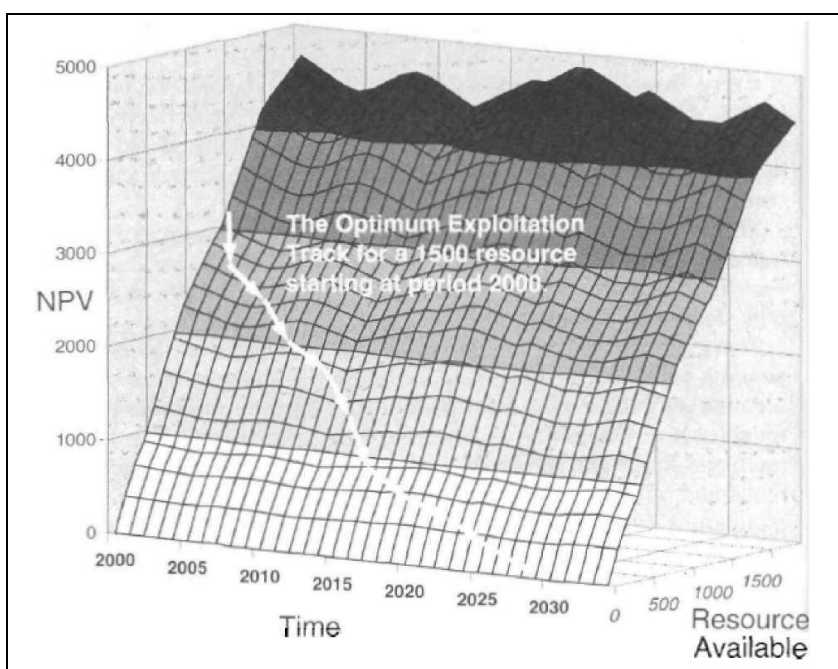


Рисунок 4.3. Траектория оптимальной эксплуатации на поверхности максимума СЦ

Чтобы найти оптимальную операционную стратегию и соответствующую максимальную СЦ для конкретного случая, определение всей поверхности максимальной СЦ является излишним. Нужна только поверхность в непосредственной близости от предполагаемой траектории. Если может быть найден какой-то способ определения направления траектории на определенной стадии то, учитывая некоторую отправную точку, траектория может быть идентифицирована, и определены связанные с ней СЦ. Эта задача является целью представленного ниже анализа.

Возвращаясь к математике и начиная с величины ресурса R в момент времени T , рассмотрим незначительное приращение r для R . Примем определенную операционную стратегию для того, чтобы выполнить это приращение - ω . Обозначим время, потраченное на это (t) и соответствующий поток наличности на единицу ресурса - c . Таким образом, t – это функция ω и r , а c - функция ω и t ,

$$\text{т.е. } t = t(\omega, r) \text{ а } c = c(\omega, t)$$

После использования (отработки) приращения ресурса r , оставшиеся ресурсы будут $R-r$, а время $T+t$. Тогда СЦ вычисляется, как

$$V = V(T+t, R-r, \Omega),$$

где Ω является операционной стратегией, принятой в этой точке на будущее.

СЦ для T, R может быть обозначена, как

$$V = V(T, R, \omega + \Omega),$$

потому что приращение операционной стратегии - ω соответствует приращению r .

По определению СЦ

$$V(T, R, \omega + \Omega) = rc(\omega, t) + V(T+t, R-r, \Omega') / (1 + \delta)t$$

где δ - затраты капитала (учетная ставка, а 100δ = процент).

Если ω должна быть оптимальной стратегией для приращения r и частью оптимальной стратегии Ω , то Ω' также должна быть оптимальной стратегией и

$$V(T+t, R-r, \Omega') = V^*(T+t, R-r)$$

Теперь, максимизируем обе стороны уравнения относительно ω

$$V^*(T, R) = \text{Max}_{\omega} \{rc(\omega, t) + V^*(T+t, R-r) / (1 + \delta)t\}$$

Но принимая r и t очень маленькими и переходя к дифференциалам в точке T, R .

$$V^*(T+t, R-r) = V^*(T, R) + t dV^*/dt - r dV^*/dr$$

Также для первого приближения.

$$1 / (1 + \delta)t = (1 + \delta)t - 1 - \delta t$$

Объединим эти два выражения

$$V^*(T+t, R-r) / (1 + \delta)t = (1 - \delta t) V^*(T, R) + t dV^*/dt - r dV^*/dr,$$

пренебрегая нулем в терминах второго порядка.

Следовательно, опуская взаимозависимость T и R , чтобы упростить выражение

$$V^* = \{rc(\omega, t) + V^* - \delta t V^* + t dV^*/dT - r dV^*/dR\}$$

Однако, $V^* dV^*/dT$ и дуга dV^*/dR , независимы от ω .

Удаляя V^* и $r dV^*/dR$ из выражения максимизации

$$V^* = V^* - r dV^*/dR + \text{Max}_{\omega} \{rc(\omega, t) - \delta t V^* + t dV^*/dT\}$$

V^* исчезает и

$$r dV^*/dR = \text{Max}_{\omega} \{rc(\omega, t) - t[\delta V^* + dV^*/dT]\}$$

$$\text{или } dV^*/dR = \text{Max}_{\omega} \{c(\omega, t) - [\delta V^* + dV^*/dT]t/r\}$$

$[\delta V^* + dV^*/dT]$ - постоянная в процессе максимизации. Назовем ее F и примем $t/r = \tau$ (время на переработку одной единицы ресурса), после чего уравнение уменьшается до

$$dV^*/dR = \text{Max}_{\omega} (c(\omega, t) - F\tau)$$

Полученное уравнение подразумевает, что dV^*/dR должен быть максимумом во всех точках траектории оптимальной стратегии. Это означает, что стратегия должна быть выбрана такой, чтобы каждое приращение r для R имело наибольший эффект на V^* . Данное утверждение интуитивно очевидно, потому что суммирование всех изменений в V^* , в соответствии с последовательностью приращений r , при движении к нулю, даст в

итоге наибольшую сумму. Или, наоборот, если траектория оптимальной стратегии идет назад от $R=0$ с шагом r , то, если каждый шаг сделан в направлении самого крутого подъема поверхности V^* , то достигнутая финальная точка должна быть максимальной.

Замечательные особенности, однако, связаны с правой стороной уравнения.

Во-первых сама максимизация не более трудна чем максимизация непосредственно параметра c . Единственное различие в том, что здесь рассматривается последовательность СЦ потоков наличности вместо каждого потока наличности индивидуально с помощью термина F_t . Поскольку F не зависит от ω , то это эквивалентно дополнению термина затрат времени, и один параметр этого выражения - почти наверняка уже имеется в величине c .

Во-вторых, чтобы определить оптимальную стратегию эксплуатации в любой точке, единственная информация, которая требуется от процесса оптимизации в будущем, - это величина F . Одновременная максимизация всех переменных в Ω не требуется. Это большое упрощение, хотя, конечно, F зависит от будущей стратегии, и, таким образом, должен быть найден метод определения его величины.

На экономическом языке, термин F – возвращение от вложения капитала в альтернативный проект. В действительности, это только одна интерпретация СЦ. Это, в некотором смысле, капитал, который подвергается двум штрафам в результате использования в операции. Один - это процент, который, возможно, был бы получен, при размещении капитала в другом месте; это - δV , где δ являются затратами капитала корпорацией (учетная ставка). Другой - снижение ценности операции, как следствие ухудшения экономических условий; это - $-dV^*/dT$ (это может, конечно, быть доход, а не штраф, если dV^*/dT положителен).

Есть два альтернативных метода для определения величины F на практике.

Первый метод - просто оценить ее. Этот метод подходит, когда потоки наличности не чувствительны к изменениям операционной стратегии, и требуется найти только текущий оптимум. При этих обстоятельствах приближение для F дает адекватное основание чтобы установить оптимум, потому что ошибки в оценке мало влияют на результат. Кроме того, полученная F является только экономической проекцией, которая является объектом неопределенности. Этот предмет обсужден в разделе 4.8.

Второй метод использует интерактивную математическую процедуру. Принимается стартовое значение для F , и вычисляется полная оптимальная стратегия эксплуатации, шаг за шагом, пока весь ресурс не будет исчерпан. Остаточная СЦ на последнем этапе должна быть нулем. Если нет, то стартовая величина F изменяется, и процесс повторяется. Этот метод хорошо подходит для компьютерных вычислений и имеет преимущество при получении общей стратегии эксплуатации, которая, в определенных условиях является важной. Раздел 4.10 описывает этот метод в контексте определения оптимальной политики БС.

Подводя итог, можно заключить, что оптимальная стратегия эксплуатации для максимизации СЦ рассматриваемой операции, основанной на ограниченных ресурсах, может быть определена на любой стадии с помощью максимизации выражения

$$c-\tau (\delta V^* + dV^*/dT) = c- F\tau \dots \quad (4.1)$$

где:

c - поток наличности, являющийся результатом приращения единицы ресурса,

τ - время, потраченное, чтобы обработать эту единицу, и

V^* - максимальная СЦ на этой стадии.

Эта формула необходима для вычисления оптимальных БС с использованием подходящей экономической модели.

Важное наблюдение в этом пункте состоит в том, что взятие производной в формуле 4.1 не требует какой-нибудь ссылки на БС. Это одинаково уместно для любой оптимизации, где цель - максимизация СЦ. Затраты из-за неиспользования благоприятных возможностей включают компромисс между настоящими и будущими потоками

наличности и поэтому должны влиять на любые плановые решения, которые затрагивают размеры эксплуатации и жизни ресурса.

4.4. Экономические Модели

Цель экономической модели операции состоит в том, чтобы обеспечить средство для оценки эффектов изменений исходных переменных. Для наших целей необходимо оценить эффекты от изменений БС, производительности, цен и затрат на потоки наличности горного предприятия. Рудники отличаются друг от друга и иногда имеют уникальные особенности так, что горные модели должны соответствовать этим обстоятельствам. Однако, структура горного процесса в большинстве случаев подобна, и поэтому полезно построить базовую модель, в которой могут быть сделаны изменения по мере необходимости. Есть три главных компонента в горной технологии, связанные с пропускной способностью тех переделов, где используется данный компонент. Эти три компонента:

- 1) Горная масса (порода)
- 2) Руда
- 3) Извлеченный минерал

Таким способом, определение этих компонентов фундаментально, но их интерпретация отличается для различных типов рудников,

1) Горная масса (порода)

Этот компонент можно назвать горным компонентом. Он связан с созданием доступа к минерализованному телу – вскрытием месторождения. Затраты здесь отнесены на тонну вскрытого минерализованного материала, а производительность – это максимальная скорость, с которой может быть вскрыто минерализованное тело.

В подземных работах этот компонент обычно называют вскрытием и подготовкой. Он включает в себя проходку подземных выработок и заключается в подготовке очистных блоков к извлечению руды. В карьерах – это бурение, взрывание и погрузка материала для получения доступа к руде.

2) Руда

Этот компонент можно назвать компонентом переработки. Он связан с дальнейшей переработкой той части минерализованного тела, которая является рудой. Затраты отнесены на тонну руды, а производительность – это максимальная пропускная способность установки по переработке руды.

В подземных работах большинство процессов извлечения руды, которые обычно упоминаются как горные работы, входит в эту категорию, потому что, обычно, извлекается только руда. Остаток минерализованного тела остается на месте. Подъем на поверхность и обогащение также принадлежат к этой категории. В карьере определение более понятно. Это - процессы, с помощью которых руда выдается из карьера.

Производительность рудника обычно определяется по производительности комплекса переработки руды. Например, рудник, добывающий 3 000 тонн в день, понимают как объект, который может переработать до 3 000 тонн руды в день. Причина этого соглашения - та, что переработка руды и обогащение являются обычно наиболее капиталоемкими процессами горных предприятий, и они чаще чем любые другие процессы являются ограничивающими факторами.

3) Минерал

Его можно назвать маркетинговым компонентом, хотя он может также включать кроме продажи металлургическую обработку и очистку продуктов производства. Затраты отнесены на единицу минерала, а производительность – это ограничение на выпуск

минеральной продукции. Очистительные и металлургические заводы часто налагают такое ограничение. Рынки, также, иногда имеют верхний предел. Этот компонент, по существу, одинаков для всех типов рудников. Рисунок 4.4 графически подводит итог этих определений.

Важно понимать, что эти определения главных компонентов в горном производстве часто влекут за собой существенные отступления от нормального использования и интерпретации определенных слов. Причина этого - потребность создать модель, совместимую и с подземными и с открытыми горными работами и приспособить к ней эту трехкомпонентную структуру

	Подземные	Открытые
ГОРНЫЕ РАБОТЫ	Вскрытие Подготовка Нарезка Отбойка руды Откатка	БВР Погрузка Транспортировка
ПЕРЕРАБОТКА РУДЫ	Подъем Дробление Измельчение Обогащение Плавка	Дробление Измельчение Обогащение Плавка
ПРОДАЖА ПРОДУКЦИИ	Очистка Продажа	Очистка Продажа

Рисунок 4.4. Основные компоненты горного процесса

Например, при подземной отработке, очистные и откаточные работы обычно классифицируются как горные работы, потому что это - действия, за которые отвечает горный отдел. Подъем более сомнителен, но он также обычно классифицируется как горная операция. В этом анализе, однако, все три действия классифицированы как деятельность по переработке, потому что они связаны только с рудой. Здесь принято, что материал в пределах минерализованного тела включает затраты только по его извлечению, откатке и подъему, если он классифицирован как руда; в другом случае его обычно оставляют на месте и к нему не добавляются никакие последующие затраты.

Подготовка обычно связана с подземными работами. Это процесс создания доступа к минерализованному телу, и, обычно, извлекаемый на этой стадии материал не может быть корректно опробован, чтобы определить его качество и решить, руда это или не руда. Поэтому, затраты на подготовку отнесены на единицу минерализованного вскрытого материала. Нарезные выработки и некоторые другие затраты на подготовку очистной выемки - также по существу являются затратами на подготовку. Здесь, они все классифицированы как горные затраты для большего соответствия с открытыми работами.

На языке карьеров, вскрышные (ГКР) работы - самый близкий эквивалент затратам на подготовку, потому что они сделаны только для того, чтобы обеспечить доступ к минерализованному телу. Однако, при ближайшем рассмотрении становится ясно, что вся горная деятельность связана с функцией доступа; даже когда удаляемый материал - руда, то ее удаление все же связано с тем, чтобы вскрыть материал нижних горизонтов. Затраты на переработку начинаются только тогда, когда материал, классифицированный как руда, начинает привлекать дополнительные затраты кроме тех, которые обычно связаны с пустыми породами. Следовательно, в действительности все горные затраты на карьерах - это затраты на обеспечение доступа к руде на единицу материала в пределах карьера.

Минерализованное тело - другой термин, определение которого требует некоторой осторожности. Это - весь объем, в пределах которого запланированы горные работы. В

контексте карьера это все, что находится внутри окончательного карьера. Подземный рудник - это целый регион в пределах горного отвода, где запланировано развитие рудника. Минерализованное тело содержит минерализованный материал, по определению, но обычно часть его будет иметь нулевое содержание полезных компонентов, например, рыхлые породы и дайки, и только небольшая часть оказывается экономичной и будет рассматриваться как руда.

Эти определения были рассмотрены подробно, потому что они часто оказываются источником некоторой двусмысленности. Профессиональные горняки детально знают элементы своих затрат на добычу, и они не готовы к тому, чтобы эти затраты при определенных обстоятельствах были бы переименованы только для целей определения БС.

В затратах на добычу, переработку или маркетинг есть существенные фиксированные элементы, и они должны быть оценены, отделены и объединены с другими обычно используемыми фиксированными расходами, типа административных и накладных расходов. Строго говоря, слово "фиксированный" в этом контексте - другой широкий термин; такие затраты изменяются со временем и более точно называются временными (постоянными) затратами (time costs).

Удобное представление для этого:

Компонент	Пропускная способность	Количество	Переменные затраты, на ед. произ-сти	Мощность в год
Горные работы	Горная масса	I	m	M
Переработка	Руда	x	h	H
Маркетинг	Минерал	xug'	k	K.

где x - пропорция минерализованного материала, классифицированного как руда, и g' - среднее содержание в руде как отношение минерал/руда.

Другие переменные:

g - БС, примененное к минерализованному материалу, чтобы определить руду (отношение минерал/руда),

y - извлечение минерала в процессе переработки ($100 y = \%$)

f - временные затраты в год (иногда называются фиксированными расходами).

p - цена единицы минерала,

c - поток наличности на единицу минерализованного материала.

t - время, потраченное, чтобы извлечь одну единицу минерализованного материала.

Любой из этих параметров может изменяться из года в год, и это может быть представлено указанием годов в виде суффиксов. В тексте также используются и другие суффиксы; их значение зависит от контекста.

Используя это примечание, формула для потока наличности, являющегося результатом переработки одного минерализованного материала, имеет вид

$$c = (p-k)xug' - xh - m - ft \dots (4.2)$$

где t - время, потраченное, чтобы добыть и переработать единицу материала. Оно зависит от того, какой из трех компонентов горной операции действительно ограничивает пропускную способность. Таким образом, должны быть исследованы три случая, что описывается в следующей главе.

Хотя большинство последующих расчетов в оставшейся части этой главы основаны на модели, представленной формулой 4.2, но другие модели также могут быть использованы. Особая важность формулы 4.2 состоит в том, что она является самой

простой моделью, которая характеризует основную структуру дохода и затрат горной операции.

На практике сложности часто возникают при решении вопросов, связанных с распределением затрат капитала, а также определением внутренних издержек и отпускных цен. Нет простых общих ответов на эти вопросы, но всегда важно помнить цель этой деятельности. Она должна обеспечивать средство для оценки влияния на конечные результаты изменений во входных переменных, а не способствовать каким-то условностям бухгалтерского учета или политическим целям.

Например, капитал для замены парка грузовиков тесно связан с уровнем движения материальных потоков в карьере. Поэтому наиболее реалистично включать эти затраты в горные затраты на тонну руды, вычислять эквивалентные ежегодные издержки и распределять их пропорционально ежегодным объемам производства.

Другой пример – внутренние издержки на металлургическую обработку. Если они имеют место, то увеличение производства концентрата заставило бы поставлять его в другое место, в котором эти издержки не учитываются, следовательно учет издержек в модели будет реалистичным.

Имеется много вариантов этих ситуаций, достоинства каждого из которых нужно было бы рассмотреть. Цель каждого исследования должна состоять прежде всего в том, чтобы создать модель, наиболее близкую к реальному производству. Принципы последующего анализа останутся при этом теми же самыми.

4.5. Ограничение экономических БС

Теперь имея выражение, которое максимизируется, чтобы получить оптимальную операционную стратегию для предприятия, основанную на конечных ресурсах (4.1) и формулу, связывающую потоки наличности с БС для рудника (4.2), возможно объединить их и получить выражение для того, чтобы рассчитывать оптимальные БС. Оно имеет вид:

$$\text{Max} g\{(p-k)xyg' - xh - m - f\tau - \tau(\delta V^* + dV^*/dT)\} \quad \text{или} \\ \text{Max} g\{(p-k)xyg' - xh - m - (f+F)\tau\}$$

Для ссылок в будущем назовем выражение в скобках v , то есть

$$v = (p-k)xyg' - xh - m - (f+F)\tau \quad \dots \quad (4.3)$$

Оно соответствует dV^*/dR , т.е. скорости, с которой СЦ изменяется относительно изменений доступного ресурса R .

В этом выражении x – это отношение руды к минерализованному материалу, а g' – среднее содержание, непосредственно зависящее от БС (g). Время τ , также зависит от g , но косвенно. Должны быть рассмотрены три случая в соответствии с их пропускными возможностями, которые ограничивают выпуск продукции. Эти три случая позволяют определить три оптимальных БС, которые называют ограниченными экономическими БС (limiting economic cut-off grades).

Для примера рассмотрим проект открытого уранового рудника среднего размера. Исходные данные:

• Горные переменные затраты (m)	\$1.32/тонну горной массы
• Переменные затраты на переработку	\$3.4I/ тонну руды (h)
• Производительность по горным	
• возможностям	12 млн. тонн/год (M)
• Производительность переработки	3.9 млн. тонн /год (H)
• Возможности Маркетинга	0.9 тыс. тонн/год (K)
• Фиксированные затраты	\$11.9 миллион/год (f)
• Ценовая часть маркетинговых затрат	\$60 за килограмм (p)

• Извлечение	0.87 (y)
• Оцененные возможные затраты (opportunity cost)	\$15.2 млн. (F)

1) Горные ограничения

При производительности горных работ (карьер) или скорости подготовительных работ (подземка) ограничивающих пропускную способность, производительность по горным возможностям = М единиц ежегодно, таким образом, время на отработку одной единицы - 1/М. Тогда выражение приобретает вид

$$\text{Max} g \{ v_m = (p-k)xyg' - xh - m - (f+F)/M \}$$

Здесь при изменении g изменяются только значения $(p-k)xyg' - xh$, таким образом gm (оптимальное БС с учетом горных ограничений) определяется из выражения

$$\text{Max} g \{ x[(p-k)yg' - h] \}$$

Здесь g' и x могут быть представлены интегралами функции распределения содержания и максимумом, определенным расчетом. Однако, из выражения $x \{ (p-k) yg - h \}$ возможно увидеть, что g может уменьшаться до тех пор, пока значение $(p-k) yg$ больше чем h. Следовательно, критическая точка определяется из выражения

$$(p-k) ygm = h \text{ или}$$

$$gm = h/(p-k)y \quad (4.4)$$

Следует отметить, что та же самая концепция рентабельности используется и в других методах определения БС; минерализованный материал должен быть классифицирован как руда, пока присущая ему ценность $(p-k)yg$, превышает затраты на его дальнейшую переработку, h.

Есть две существенные особенности приведенной выше формулы для gm. Прежде всего, это то, что ценность минерализованного материала покрывает только переменные затраты на переработку (после того, как в расчет приняты и маркетинговые затраты, k). Временные (фиксированные) затраты здесь не уместны ни для затрат на подготовку, ни для горных затрат, потому, что формула была получена при условии, что решение продолжать работы было уже принято. Если это не так, то применяются другие методы.

Во-вторых, она не использует никакой ссылки на СЦ. Это означает, что рудник, ограниченный его горными возможностями или возможностями подготовки, должен управляться на тактическом, а не на стратегическом основании. Не делается никакого сопоставления будущих потерь и существующей прибыли, чтобы изменить текущую политику.

Например, в тактическом плане, если изменяются цены на минералы, то БС должно быть изменено; а именно, при повышении цен БС должно быть снижено. Нет никакой нелогичности в этом случае, потому что более низкое БС увеличивает пропорцию минерализованного материала, классифицированного как руда и, следовательно, количество произведенной продукции; пока нет никакого ограничения на переработку дополнительной руды. Поэтому при повышении цен объем продукции повышается. По формуле 4.4 получим

$$gm = 3.41/60 \times 0.87 = 0.07 \text{ кг/т}$$

Бортовое содержание 0.07 кг/т фактически очень низкое. Оно получается потому что, если возможности рудника ограничены, то завод и рынок будут недозагружены, и следовательно все, что возможно, будет классифицироваться как руда.

2) Ограничения стадии переработки

Обычная ситуация, когда погрузочно-разгрузочные устройства или ОФ имеют ограниченную пропускную способность. В этом случае, одна единица минерализованного материала дает начало x единицам руды, и они требуют x/H единиц времени для переработки.

Поэтому $\tau = x/H$ и выражение становится

$$\text{Max}_g(vh = (p-k)xyg' - xh - m - (f+F)x/H\}$$

После тех же самых рассуждений как и прежде, получим

$$\text{Max}_g\{x[(p-k)y g' - h - (f+F)/H]\},$$

а gh определяется как

$$(p-k)ygh = h + (f+F)/H \text{ или}$$

$$gh = \{h + (f+F)/H\} / (p-k)y \quad (4.5)$$

Здесь иллюстрируется факт, что параметр F в СЦ ($F = \delta V^* - dV^*/dT$) является просто дополнительными временными (фиксированными) затратами.

Эта формула существенно отличается от другой традиционной формулы из-за присутствия термина F , который может быть очень значимым. Заметьте, что БС уменьшается, когда снижается F , что является нормальным при увеличении возраста рудника. Это - специфическая особенность оптимальных БС, определенных в соответствии с изложенной выше теорией.

Подставив значения в формулу 4.5, получим

$$gh = \{3.41 + (11.9 + 15.2)/3.9\} / 60 \times 0.87 = 0.20 \text{ кг/т}$$

Мы получили намного более высокое БС чем ранее, когда учитывались горные ограничения. Без альтернативных затрат (opportunity cost), $F (= 15.2)$, формула дала бы $g = \{3.41 + 11.90/3.9\} / 60 \times 0.87 = 0.12 \text{ кг/т}$

Эта цифра скорее всего будет подобна результату, полученному с помощью традиционных методов расчета БС, которые не учитывают максимизации СЦ. Различие связано с дополнительными доходами, свойственными более ранним потокам наличности, когда только возможности стадии переработки ограничивают пропускную способность.

3) Ограничения Рынка

Они могут быть реальными рыночными ограничениями, связанными, скажем, с коммерческим контрактом или ограниченной производительностью очистительного или плавильного завода. Из одной единицы минерализованного материала получается $x y g'$ единиц минерала, которые требуют $x y g' / K$ единиц времени, чтобы их переработать или продать. Таким образом, выражение для оптимизации становится следующим

$$\text{Max}_g \{vk = (p-k)xyg' - xh - m - \{f+F\}xyg' / K\}$$

Как и раньше, оно эквивалентно

$$\text{Max}_g\{x[(p-k - (f+F)/K)y g' - h]\},$$

а gk определяется из выражения

$$\{p-k - (f+F)/K\}y g k = h \text{ или}$$

$$gk = h / \{p-k - (f+F)/K\}y \quad (4.6)$$

Эта и предыдущие формулы имеют то свойство, что фиксированные расходы распределяются согласно ограничивающей возможности и добавляются к соответствующим переменным затратам: т.е, для случая ограниченной переработки, ее себестоимость становится равной

$$h + (f+F)/H$$

а для случая рыночных ограничений, маркетинговые затраты равны

$$k + (f+F)/K$$

Последняя формула отличается по форме, но обладает той же самой особенностью, что снижение БС происходит при снижении со временем значения F .

Применение этой формулы с данными для уранового рудника дает следующий результат

$$gk = 3.41 / \{60 - (11.9 + 15.2)/0.9\} \times 0.87 = 0.13 \text{ кг/т}$$

Меньшее значение БС – это следствие факта, что ограничение рынка уменьшает пространство, в котором может находиться модель потока наличности под влиянием политики БС.

Для иллюстративных целей во всех трех случаях использовалась та же самая величина альтернативных затрат капитала (opportunity cost). Это несколько искусственно, потому что эти три предположения, в которых тот или иной компонент ограничивает пропускную способность, в реальной жизни привели бы к трем различным результатам с соответственно различными альтернативными издержками. Однако, \$15.2 миллиона, используемые в примере, – это типичная цифра для рудника этого вида, и ее использование дает результаты, которые являются реалистичными и сопоставимыми. Они показывают эффекты, которые мощности переделов горного предприятия оказывают на значения БС.

Ни одна из этих формул не включает непосредственных ссылок на содержания минералов в руде, которые фактически присутствуют в минерализованном теле. Этого не учитываю и другие формулы. БС вычисляется исключительно с помощью затрат, цен и мощностей производства независимо от характера изменения содержаний полезных компонентов в пределах разрабатываемого минерализованного тела.

Эта особенность, хотя она устойчиво принимается в промышленности, является тем не менее интуитивно маловероятной. Должно ли БС, вообще, зависеть от распределения содержаний в рассматриваемом минерализованном теле? Ответ, «да», а способ, которым фактическое распределение содержаний минералов влияет на оптимальное БС будет рассмотрен в следующем разделе. Однако, в ситуации, когда только один компонент горной системы ограничивает пропускную способность, реальное распределение содержаний компонентов в рудном теле не является существенным.

Одно очень важное замечание о применении этих формул (что действительно и для использования любых других сбалансированных (breakeven) формул) – то, что они имеют дело с фактическими содержаниями компонентов в недрах. Эти содержания не всегда идентичны содержаниям, которые используются для принятия решения о БС. Общее предположение, что они являются не совсем такими, которые реально используются. Например, контроль качества руды может быть осуществлен на основе одного минерала, хотя ценность руды может определяться суммой нескольких полезных компонентов. Могут также иметь место существенные ошибки при анализе содержаний. Обе эти причины создают несоответствие между теоретической границей руды и породы, полученной по вышеприведенным формулам, и фактическим разделением руда-порода с использованием реального содержания в качестве текущего БС. При этих обстоятельствах, эксплуатационное БС называют параметрическим БС, потому что оно только косвенно связано с реальным содержанием. Ограничивающие экономические БС остаются существовать, но они должны вычисляться с осторожностью. Этот предмет будет обсужден более полно в следующих разделах.

Другое замечание связано с тем, что полученные выше формулы зависят от уравнения 4.2. Другая модель, которая содержит другое уравнение, будет определять максимумы по совершенно отличающимся формулам. Они должны быть получены отдельно для каждого такого случая.

4.6. Сбалансированные БС

В предыдущем разделе рассматривались случаи, когда только один компонент ограничивал пропускную способность горной системы. В этих случаях, рассчитывалось оптимальное БС, которое полностью соответствовало определенным экономическим факторам и называлось ограниченным (limiting) БС. В действительности, как и в любой системе с несколькими компонентами, единственного ограничивающего компонента не бывает. В этих случаях, два, а иногда и все три компонента находятся во взаимосвязи.

Факторы, которые определяют относительное использование мощностей в горной системе – это распределение содержаний в добываемом материале и БС, который применяется к этому добытому материалу.

Низкий БС подразумевает, что большинство добываемого материала рассматривается как руда. Извлечение минерала из минерализованного тела высокое, потому что только малая часть его классифицирована как порода, но среднее содержание в руде низкое. Следовательно, количество минерала, полученного при данном объеме подготовительных работ значительно, но производство минерала ограничено при данной пропускной способности для переработки руды.

Высокое БС подразумевает большую селективность горных работ, которая требует, чтобы повышенная скорость подготовительных работ обеспечивала требуемый уровень подачи руды. Извлечение руды при данной скорости подготовки - сравнительно низкое, потому что при пониженных содержаниях материал классифицируется, как порода, однако, среднее содержание в руде будет повышенное так, что производство минерала при данной пропускной способности переработки будет высоким.

Промежуточные БС вызывают средние ситуации и, обычно, есть значения БС, при которых мощности полностью используются. Их называют, сбалансированными БС.

Существующие мощности горной системы, таким образом, ограничивают диапазон возможных БС и, следовательно, эффективно подсказывают их выбор. Чтобы более ясно увидеть, как это происходит, необходимо немного более детальной исследовать концепцию сбалансированного БС.

Самая простая иллюстрация этой концепции характерна для карьеров, разрабатывающих мелкокрапленое минерализованное тело. Минерализованный материал будет характеризоваться диапазоном содержаний, которые оцениваются в период добычи с помощью опробования скважин БВР, по крайней мере, на несколько недель вперед. Для этого опробованного материала может быть построено кумулятивное распределение содержаний, которое имеет форму, показанную на фигуре 4.4. Очевидно, 100 % материала превышают нулевое содержание, но снижение доли руды идет постепенно по мере увеличения величины содержаний.

Карьер имеет максимальную возможность для перемещения добываемого материала, определяемую размером его парка грузовиков, числом экскаваторов и буровых станков, - М единиц материала ежегодно. Точно так же обогатительная фабрика (ОФ) имеет максимальную возможность для переработки руды - Н единиц ежегодно. Поэтому эти два компонента должны быть сбалансированы так, чтобы количество руды находилось в соотношении Н/М ко всему минерализованному материалу.

На кумулятивном графике содержаний должна быть точка, в которой пропорция руды точно равняется отношению Н/М. Содержание в этой точке (Рис. 4.4) называют сбалансированным БС для рудника/ОФ, потому что работа с таким БС позволяет сохранять полную производительность для этих двух компонентов одновременно.

Результаты опробования позволяют вычислить не только пропорцию минерализованного материала выше диапазона содержаний, но также и количество содержащегося в них извлекаемого минерала. Этот график имеет аналогичную форму, для примера показанную на рис. 4.5. График также непрерывно уменьшается, потому что, в пределах данного количества минерализованного материала увеличение значения содержания приводит к снижению количества извлекаемого минерала.

Если ограничение возможности рынка - К единиц ежегодно, то рынок и рудник находятся в балансе, когда извлекаемый минерал на единицу добычи равняется отношению К/М. Это – сбалансированное БС для рудника/рынка (gmk), которое также показано на рис. 4.5.

График отношения содержания минерала к пропорции минерализованного материала с содержанием выше данного содержания является графиком средних содержаний в рудопотоке рудника (head grades). Различие состоит в добавлении фактора извлечения. В

этом случае, как упомянуто в предыдущем параграфе, график устойчиво увеличивается, как показано на рис. 4.6. Когда график достигает отношения К/Н, завод и рынок находятся в балансе, а соответствующее содержание, при котором это происходит, - является сбалансированным БС для завода/рынка - g_{kh} .

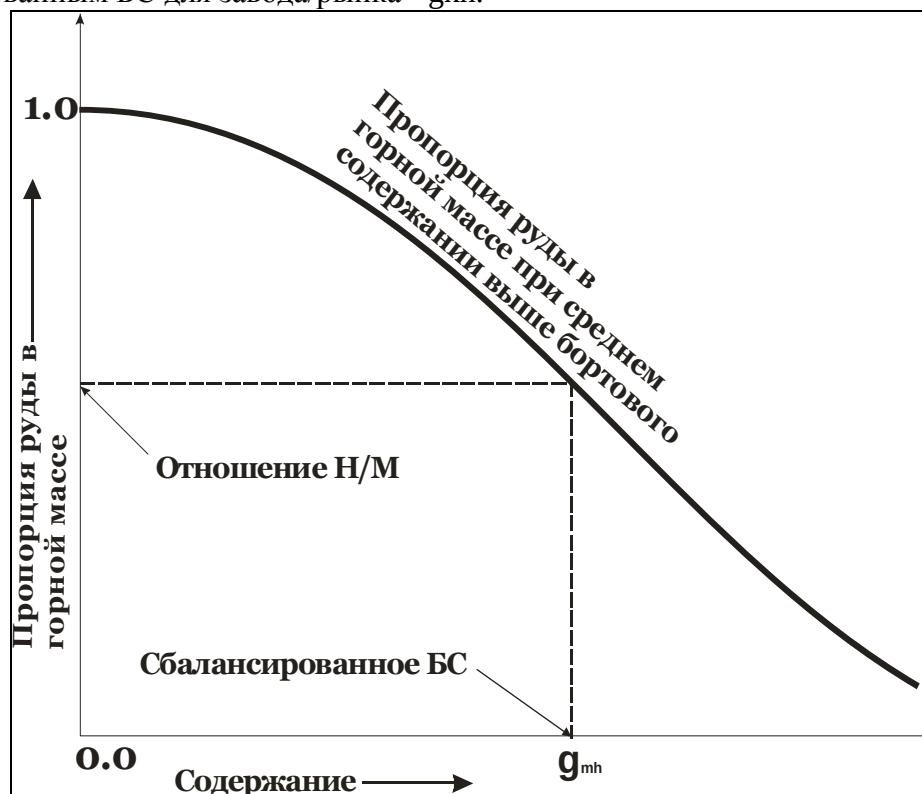


Рисунок 4.4. Определение сбалансированного БС для Рудника - ОФ

Определение сбалансированных БС легче всего достигается на практике сведением в таблицу данных распределения содержаний для требуемого периода горного планирования и добавлением этой таблицы колонками пропорций и кумулятивных значений. Сбалансированные точки в этом случае могут часто определяться визуально.

Для рудников, работающих с более чем одним компонентом горной системы (по пропускной способности) такие расчеты являются правилом, а не исключением. Большинство горных инженеров знают, что неиспользуемые мощности обычно требуют определенных затрат на свое поддержание, поэтому горные планы, насколько возможно, составляются так, чтобы полностью загружать имеющиеся мощности. Если это со временем оказывается трудным, то часто планируются (и обычно осуществляются) вложения дополнительного капитала для расширения ограничивающих компонентов.

Роль БС, как балансирующего инструмента, обычно хорошо осознается, но часто не используется. Причина чаще всего в том, что БС расценивается как стратегический параметр и большинство руководителей отказываются использовать его в тактических целях. Вместо этого планы часто переделываются, в них включается (или исключается) сомнительная руда до тех пор, пока не будет получен удовлетворительный баланс. Это в конце концов равнозначно изменению БС даже, если это не признается.

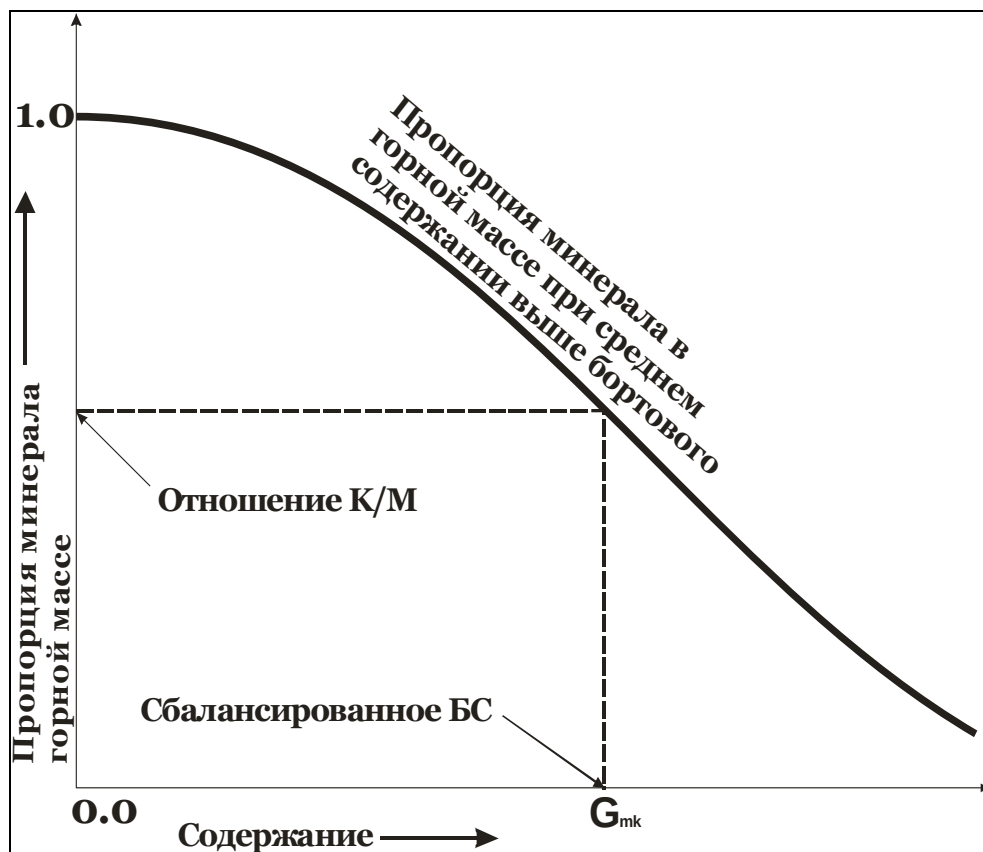


Рисунок 4.5. Определение сбалансированного БС для Рудника - Рынка

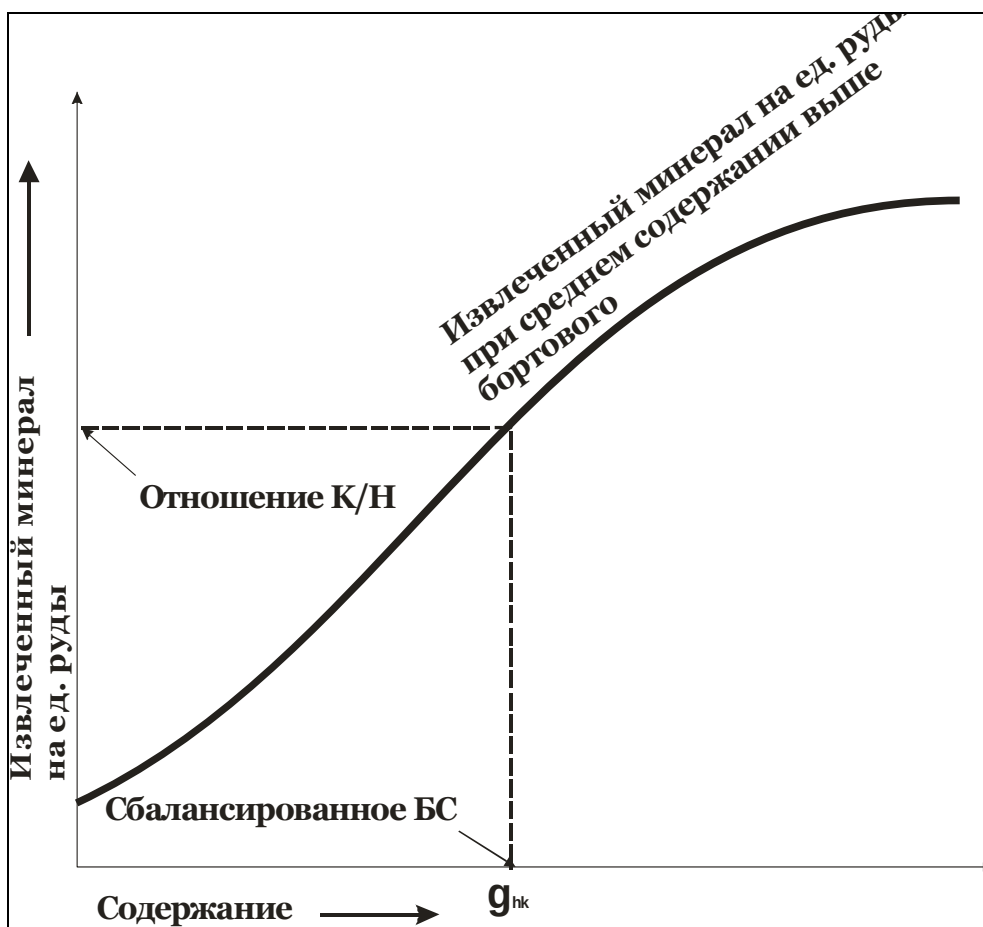


Рисунок 4.6. Определение сбалансированного БС для ОФ - Рынка

Сбалансированные БС на самом деле имеют и стратегические, и тактические элементы. Стратегия – это средний уровень планирования, который достигает баланса в далекой перспективе. Тактика – это еженедельные или ежемесячные изменения, которые считаются необходимыми в планировании, чтобы учитывать более высокочастотные изменения минерализованного материала, который доступен для горных работ в данный период времени. Одна из функций горного планирования – создавать такие планы, которые сглаживают эти краткосрочные колебания в интересах эффективного управления рудником, но текущие характеристики минерализованных тел не всегда позволяют это сделать. Другими словами, сбалансированные БС – это динамические параметры, которые зависят от распределений содержаний минерализованного материала, доступного для добычи в то или иное время.

4.7. Эффективные оптимальные БС

Поиски оптимума привели к получению шести значений БС: трем ограниченным экономическим БС и трем сбалансированным БС, соответствующим трем возможным группам ограничивающих компонентов горной системы.

Множество соперников за звание эффективного оптимума дает начало шести различным возможностям, но только одна из них выполнима для данного набора эксплуатационных условий. Часто, приемлемый вариант очевиден из структуры проекта, но всегда требуются доказательства и логическая процедура, чтобы идентифицировать правильный вариант.

Лучший способ исследовать взаимосвязи этих шести БС состоит в том, чтобы вычислить переменную v , которая была введена в Разделе 4.5. Эта переменная (v) фактически определяет скорость изменения V^* , оптимального СЦ относительно использованного ресурса (dV^*/dR). Другими словами, это - приращение СЦ на единицу используемого ресурса. Данная величина должна максимизироваться, чтобы получить оптимальный БС. Формула для этого

$$v = (p-k)xyg' - xh - m - (f+F)t :$$

v принимает три формы согласно детерминанту x :

$$vm = (p-k)xyg' - xh - m - (f+F)/M$$

$$vh = (p-k)xyg' - x\{h + (f+F)/H\} - m$$

$$vk = \{p - k - (f+F)/K\}xyg' - xh - m$$

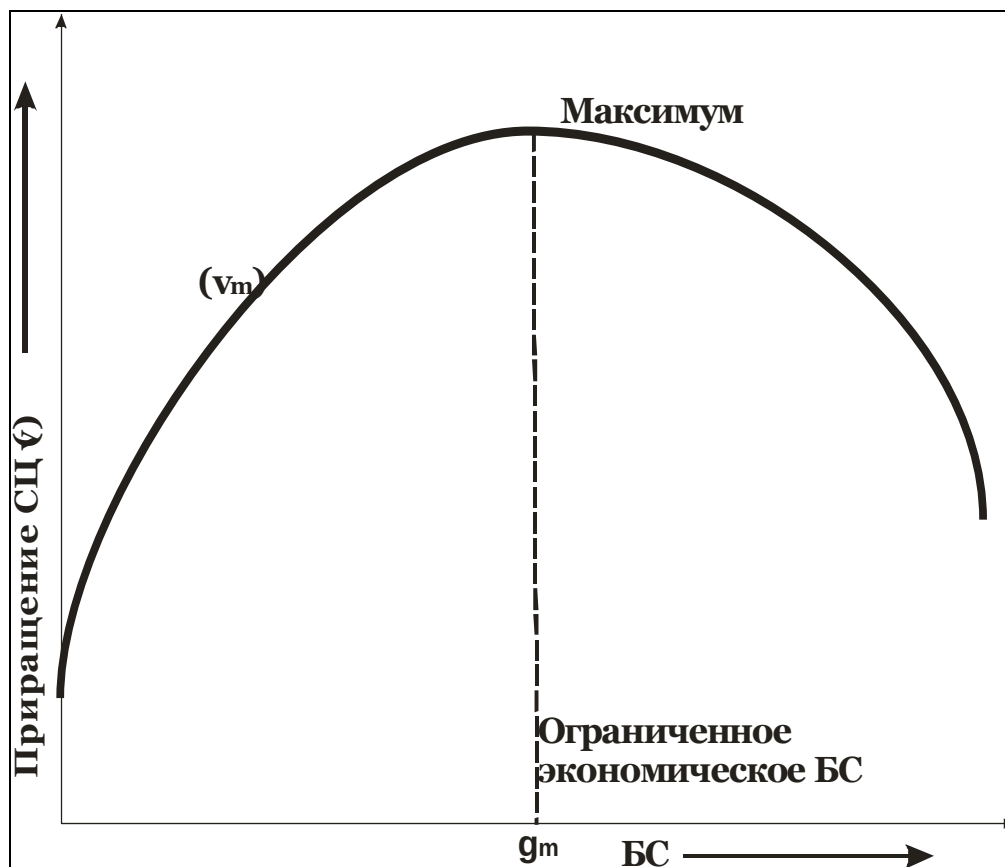


Рисунок 4.7. Приращение СЦ при росте БС для одного компонента

Графики всех трех разновидностей v , как функций БС (g), аналогичны, это положительно выпуклый график с единственным максимумом, который соответствует ограниченному экономическому БС для рассматриваемого компонента (рис. 4.7.) Если наложить графики для 2-х компонентов, то получится картина, показанная на рис. 4.8. Линии на нем соответствуют графикам рудника и ОФ. Пересечение этих графиков дает

$$v_m = v_h$$

который уменьшается до

$$x = H/M$$

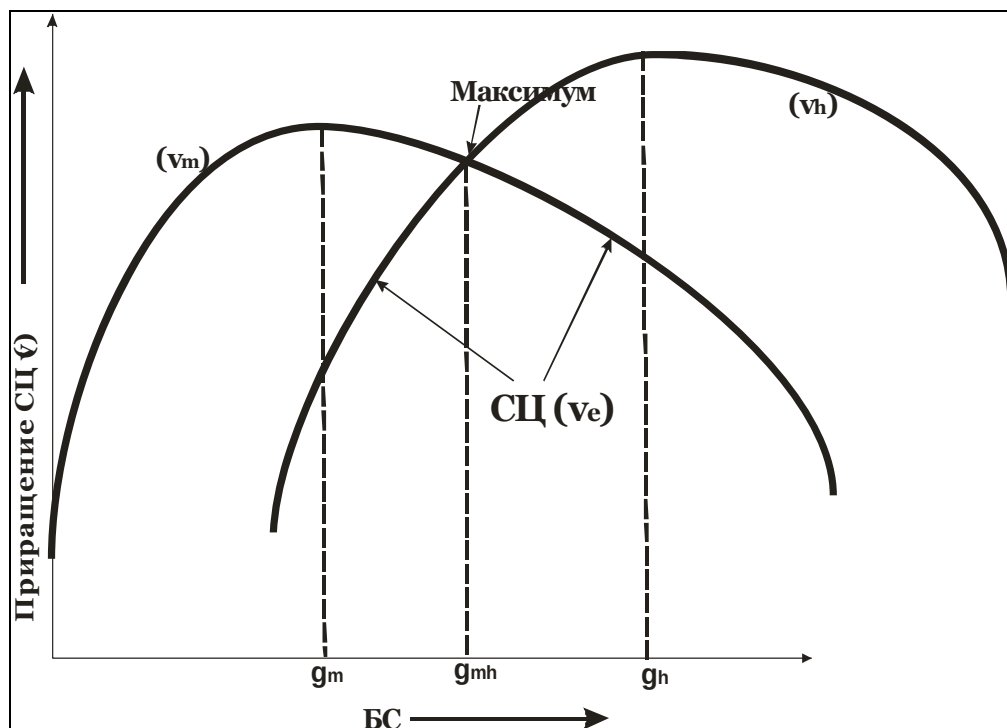


Рисунок 4.8. Приращение СЦ при росте БС для двух компонентов М & Н. Сбалансированный оптимум.

Это означает, что точка пересечения соответствует сбалансированному БС, g_{mh} . Далее из формул можно легко показать, что для значений БС меньше чем g_{mh} компонент переработки ограничен, а для значений выше, чем g_{mh} , ограничен горный компонент. Другими словами, возможная форма v для любого БС является всегда ниже двух кривых. Максимальная достижимая величина v (рис. 4.8) существует только в точке пересечения g_{mh} . Однако, это не всегда так, поэтому прежде всего два других случая должны также быть исследованы. Они лучше всего иллюстрируются графически и показаны на рисунках 4.9 и 4.10.

Иллюстрация 4.9 показывает, что, когда сбалансированный БС g_{mh} - меньше чем g_m , то рудник - действительно узкое место в операции, и g_m - оптимальный БС. С другой стороны, как показано на фигуре 4.10, если g_{mh} больше чем g_h , то завод - узкое место, и g_h является оптимальным БС.

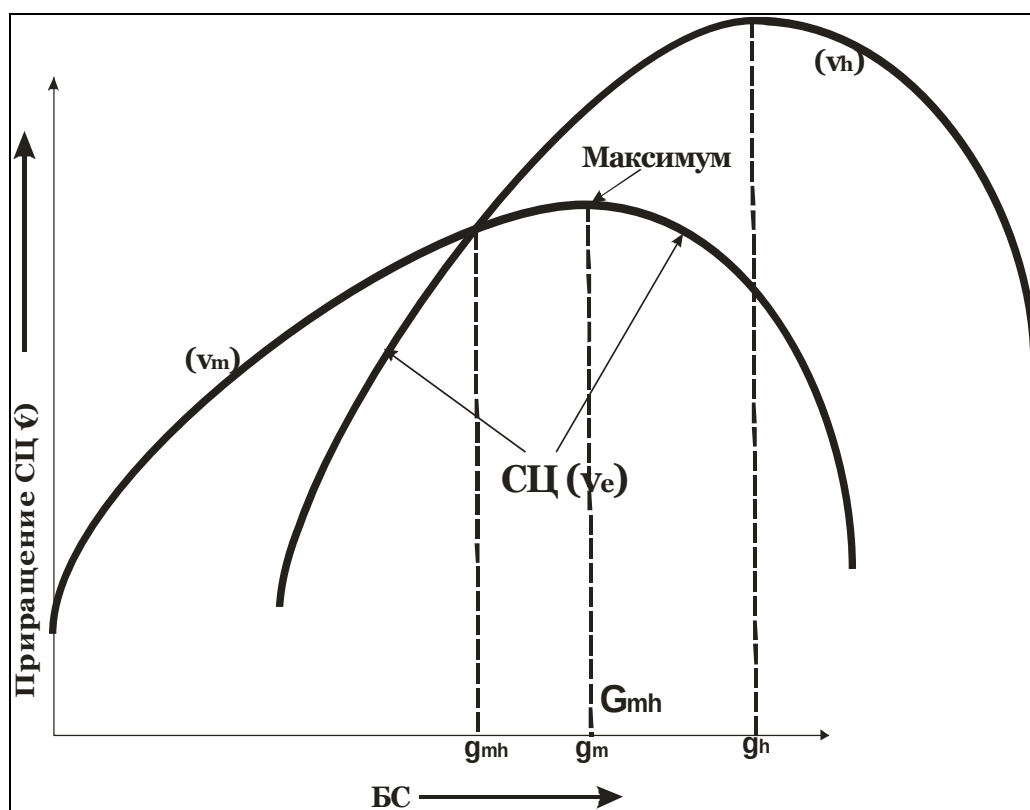


Рисунок 4.9. Приращение СЦ при росте БС для двух компонентов М & Н. Ограниченный М оптимум.

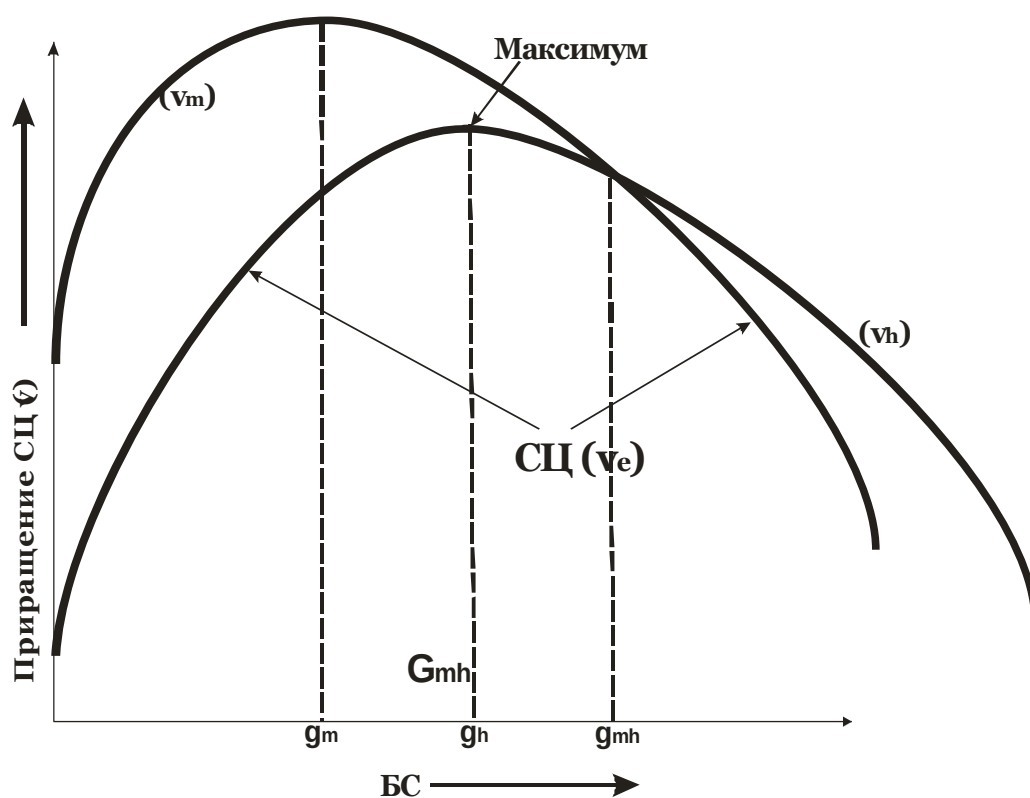


Рисунок 4.10. Приращение СЦ при росте БС для двух компонентов М & Н. Ограниченный Н оптимум.

Таким образом, следующее правило может быть сформулировано для операции, суммирующей **рудник и ОФ**.

Эффективный оптимальный БС обозначают G_{mh} .

$$\begin{aligned}
 G_{mh} &= g_m \text{ если } g_{mh} < g_m \\
 &= g_h \text{ если } g_{mh} > g_h \\
 &= g_{mh} \text{ в других случаях}
 \end{aligned}$$

Подобным способом, рассматриваем другие пары стадий горного производства

Рудник и Рынок

$$\begin{aligned}
 G_{mk} &= g_m \text{ если } g_{mk} < g_m \\
 &= g_k \text{ если } g_{mk} > g_k \\
 &= g_{mk} \text{ в других случаях}
 \end{aligned}$$

Завод и Рынок:

$$\begin{aligned}
 G_{hk} &= g_k \text{ если } g_{hk} < g_k \\
 &= g_h \text{ если } g_{hk} > g_h \\
 &= g_{hk} \text{ в других случаях}
 \end{aligned}$$

Общее оптимальное БС является теперь одним из этих трех значений: G_{mh} , G_{mk} и G_{hk} . Ситуация снова может быть проиллюстрирована графически на фигуре 4.11.

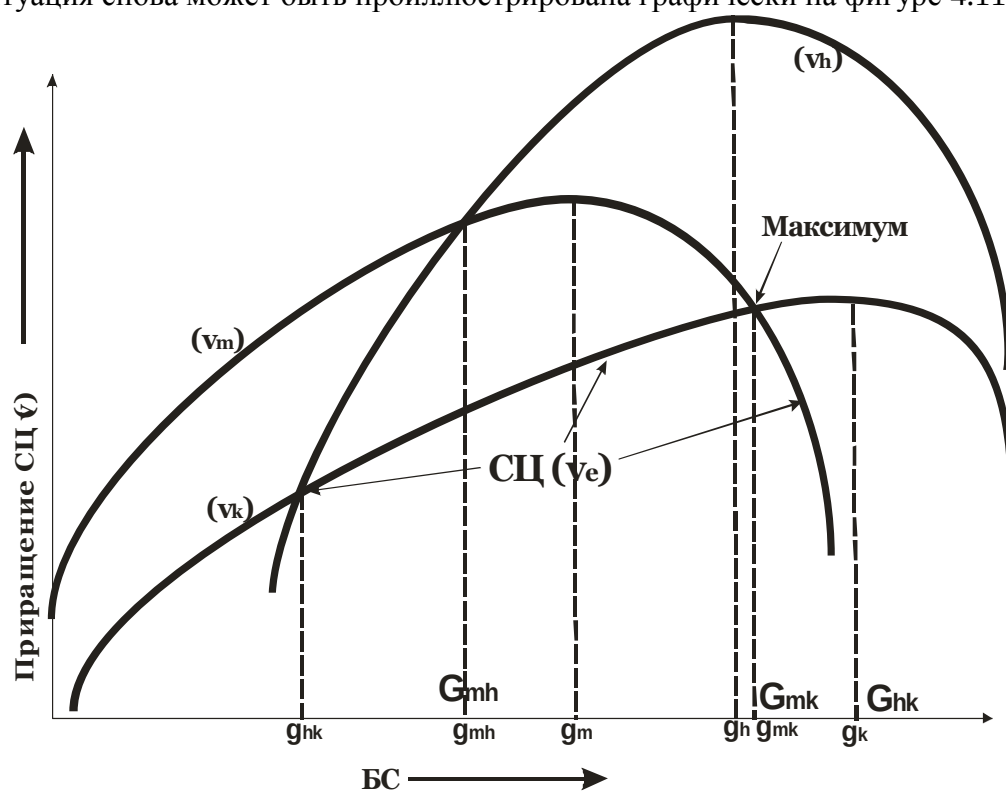


Рисунок 4.11. Приращение СЦ при росте БС. Отдельные объединенные Максимумы.

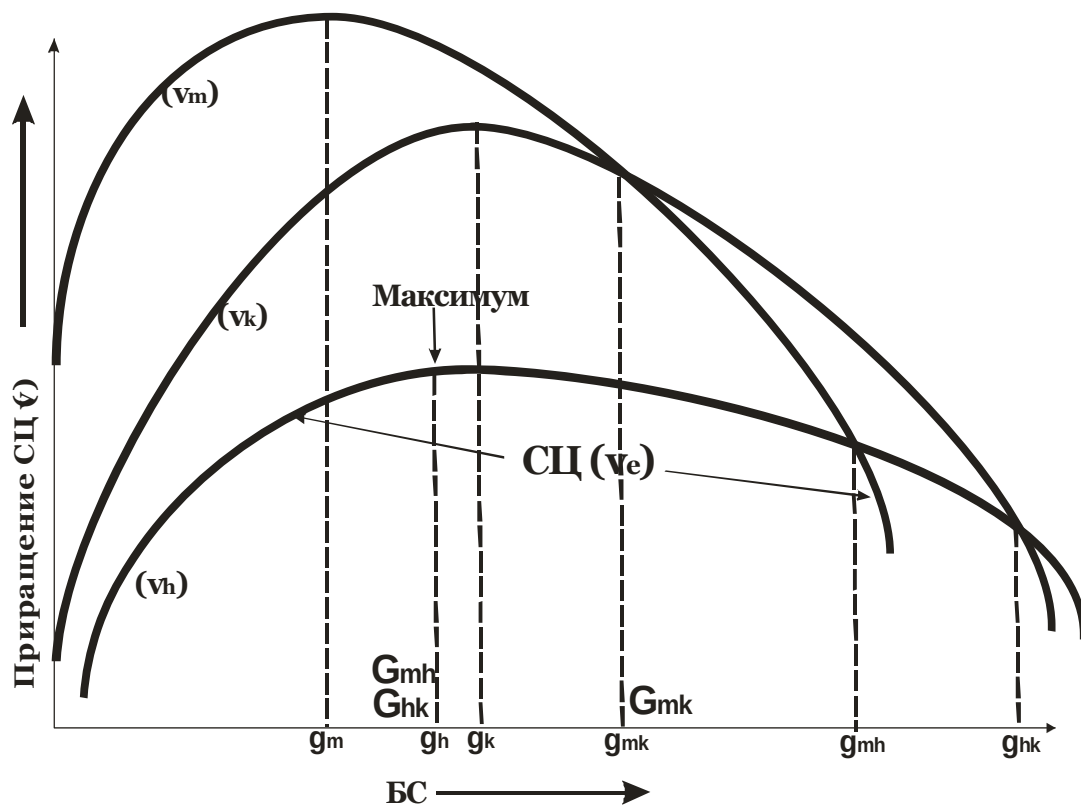


Рисунок 4.12. Приращение СЦ при росте БС. Два объединенных Максимума совпадают.

Наибольшее значение СЦ, которое может быть достигнуто при любом БС (с учетом ограничений) фактически является наименьшей величиной из v_m , v_k и v_h . Они представлены тремя изогнутыми отрезками линий на рис. 4.11. Оптимальное БС очевидно соответствует самой высокой точке на этих отрезках, и можно показать, что оно всегда является серединной величиной среди G_{mh} , G_{mk} и G_{hk} . То есть эффективное оптимальное БС равно

$$= \text{Middle Value } (G_{mh}, G_{mk} \text{ и } G_{hk})$$

В случае, показанном на рис. 4.11, это - G_{mk} . Связанное с ним увеличение СЦ - v - всегда наименьшее из трех значений, которые возможны при рассмотрении стадий попарно. Последний результат очевиден; не может быть ситуации, когда наложение третьего ограничения пропускной способности будет улучшать положение.

Как видно на диаграмме, самая высокая точка трех сегментов не находится ни на одной из вершин отдельных кривых. В зависимости от относительного положения этих трех выпуклых кривых СЦ, она может быть на одном из максимумов g_m , g_h или g_k . При этих обстоятельствах, общая пропускная способность ограничена только одной стадией, а две из величин G_{mh} , G_{mk} и G_{hk} совпадают. Рисунок 4.12 иллюстрирует это. Здесь G_{mh} и G_{mk} совпадают в точке g_h . Здесь достигается эффективный оптимум, и только завод имеет ограничение по пропускной способности.

Выше был подробно описан метод расчета эффективного оптимального БС, который состоит в последовательном определении ограниченного экономического БС, затем сбалансированного и наконец - эффективного оптимального БС. Когда максимумы экономической модели не могут быть размещены простыми средствами, то иногда необходимы другие, более прямые методы. Один альтернативный поисковый метод, описанный в разделе 4.11, уже был упомянут.

4.8. Экономические прогнозы

Преыдушие разделы показали, что экономическое определение руды зависит от текущих цен, затрат и производительности, а также от двух показателей, которые находятся под влиянием будущих значений этих трех входных параметров: СЦ операции и скорости изменения СЦ во времени.

Если цель анализа ограничена определением текущего оптимального БС, то для этих двух показателей требуются только текущие величины. Поскольку оба они могут быть только грубыми оценками, в зависимыми от качества их прогноза на будущее, то может использоваться любой подходящий метод приближения, чтобы получить удовлетворительные значения.

Большие компании могут иметь в штате экономиста, отвечающего за кратко и долгосрочные прогнозы цен. Может также существовать отдел планирования, который контролирует затраты и исполнение бюджета: этот отдел может даже иметь пятилетний план для долгосрочного планирования. Эти цифры должны быть использованы как основание для оценки СЦ на будущее методом экстраполяции результатов прошлого года или нескольких прошлых лет.

Обычно самым простым будет принять постоянные цены и затраты вне какого-то горизонта времени. Однако, некоторые компании используют политику возрастания оценок, поэтому важно соблюдать, чтобы это возрастание было включено в определение политики БС. Остающееся время жизни операции обычно хорошо известно.

Весьма обычно, когда будущее за пределами определенного времени слишком неопределенно, чтобы оправдать любую детальную оценку. Примерами являются полезные ископаемые, которые имеются в переизбытке, но в настоящее время продаются по фиксированным контрактам. В этих обстоятельствах интуитивная оценка директоров компании может быть лучшей, если Вы сможете ее получить. Конечно, всегда возможно принять несколько значений входных параметров, чтобы проверить, оказывают ли эти предположения большой эффект на БС. Иногда оценка СЦ недавно была уже сделана с некоторой другой целью. Например, перед обращением в банк за дополнительными кредитами; а также, при пересмотре компанией некоторых проектов.

Оценка скорости изменения СЦ во времени требует второй величины СЦ, например, значения СЦ через год, если запасы руды примерно остаются теми же самими. Нереалистично было бы делать усложненные предположения об этом параметре. Вообще, единственный вид прогноза, который может быть сделан с достаточной достоверностью, это прогнозирование существенных ценовых движений. Например, можно полагать, что текущая цена является низкой, и прогноз мог бы предусмотреть ее увеличение в будущем до устойчивого, долгосрочного уровня. Воздействие такого прогноза на СЦ может быть вычислено подгонкой по первому году; СЦ через год - та же самая, что и СЦ сейчас за исключением потерь или дохода при имеющихся ценовых движениях. Фактически, даже при более сложных предположениях о цене и затратах часто возможно получить достаточно хорошие оценки СЦ для ближайшего года, а следовательно - подходящие значения для СЦ в настоящий момент.

Для менее сложных применений, проблемы прогноза и оценки обычно более просты, потому что здесь нет установившейся традиционной структуры соглашений и процедур, которые сопровождают такой анализ. Обычный ежегодный поток наличности может быть определен и принят постоянным для будущего. Дисконтные таблицы дают оценку СЦ, и, следовательно, получение модифицированной оценки для данного года зависит только от прогнозируемых ценовых движений.

Однако, если предпринимается более амбициозный анализ, чтобы определить полную политику БС для оставшейся жизни рудника, то требуются оценки СЦ для каждого рассматриваемого года, и очевидно, что эти оценки должны быть связаны друг с другом. Это означает, что должны быть доступными детальные цены, затраты и объемы производства для каждого года. Также, должна быть в наличии информация о качестве

минерализованного материала. Эти данные используются на входе для вычисления ежегодных потоков наличности, которые, в свою очередь нужны для оценки СЦ.

Это - сложная процедура, в частности из-за того, что потоки наличности зависят от БС, которое в свою очередь зависит от СЦ. Очевидный круг может быть разомкнут математическим методом последовательных приближений, который описан в разделе 4.10.

Полная политика БС состоит только из оценок, и оценок с увеличивающейся неопределенностью, поскольку они идут далеко в будущее. На это указывает факторы и тенденции, которые могут влиять на БС в разное время. Поэтому она ценна для планирования будущего и особенно важна при выполнении ТЭО и ранних стадий освоения нового проекта.

Еще один важный экономический параметр - затраты капитала или учетная ставка. Он обычно оценивается по данным фондовой биржи, связанным с исторической деятельностью компаний данной отрасли (подотрасли) промышленности. В больших компаниях, нужные цифры, вероятно, будут доступны для анализа, однако важно, чтобы они соответствовали поставленным целям. В маленьких компаниях получить нужные данные проблематично.

Идеи и традиции меняются с годами, но обычно для большого и хорошо исследованного полиметаллического проекта используется учетная ставка 10 %. Более низкие цифры приемлемы для драгоценных металлов, особенно золота, а более высокие - для проектов с большими рисками.

Эти значения, обычно, уже учитывают налоги, но оптимизация планирования (по крайней мере на ранних стадиях) должна почти всегда выполняться без учета налогов, потому что налоговые законы трудно приводимы к формулам. Это снова поднимает набравший вопрос эквивалентности учетных ставок, рассчитанных с или без учета налогов.

В простом случае эквивалент процентов за ссуду:

$\% \text{Перед уплатой налогов} (1 - \text{налоговая ставка}) = \% \text{После уплаты налога,}$

но это не предполагает никаких налоговых льгот на капитал. Там, где пособия на капитал доступны и могут использоваться, потоки наличности после уплаты налогов являются прямо пропорциональными потокам без учета налогов, так что:

$\% \text{Перед налогом} = \% \text{После уплаты налога}$

На практике такие пособия сложны для расчета, и эквиваленты не очевидны. В действительности нет никакой причины предполагать, что существует даже приблизительная эквивалентность. Каждый случай должен быть исследован с учетом его достоинств.

Из-за этих сомнений, не удивительно, что существует общепринятый компромисс - для большинства ТЭО использовать учетную ставку без учета налогов между 10 и 12 %.

Предполагается, что все цифры используются в реальном исчислении, без учета инфляции или эскалации. Универсальная практика для целей планирования - предполагать, что любая инфляция цен и затрат будет уравновешена их взаимным балансом так, что не потребуются никакой дополнительной корректировки прогнозов потоков наличности.

Учетная ставка - параметр, который может быть различным при специфических обстоятельствах для изменения цели оптимизации. Например, учетная ставка 0 % максимизирует суммарный поток наличности операции. В отличие от этого, очень высокая учетная ставка максимизирует краткосрочные потоки наличности. На практике могут быть тактические причины для того, чтобы использовать различные цели для этого вида анализа.

4.9. Оценки минерализованных запасов

Вообще, определение эффективных оптимальных БС требует информации о распределении содержаний минерализованного материала, доступного для горной операции. Как и при оценке СЦ, если цель анализа ограничена определением только текущего оптимального БС, то это сравнительно легкое требование по сравнению со случаем, когда цель состоит в определении оптимальной политики БС на нескольких лет вперед.

В целом предмет долгосрочной оценки запасов – огромен и требует большого внимания в течении многих лет. Об этом написано множество книг, а теория геостатистики обеспечила основу для большей части этой работы. Однако, оценка запасов по-прежнему содержит большой элемент искусства, и каждое месторождение имеет собственные уникальные особенности, которые понимаются только постепенно, когда уже приобретен опыт отработки месторождения. Этот предмет находится за пределами этой главы, но некоторые его аспекты особенно важны при определении БС.

Нормальная и благоразумная горная практика всегда должна предусматривать подготовленную к выемке руду по крайней мере на нескольких месяцев вперед. Обычно этот материал хорошо изучен и сопровождается подробной информацией о его тоннаже и содержании. Эта информация необходима для краткосрочного планирования и для вычисления сбалансированных БС, как описано в разделе 4.6. Этого обычно достаточно для определения текущего оптимального БС, как иллюстрировано в примерах выше. Однако, за пределами этого времени количество информации о потенциальной руде в более отдаленном будущем сильно отличается для разных рудников. Иногда встречаются регулярные и непрерывные минерализованные тела, где диапазон доступных содержаний лишь немного изменяется из года в год; пример - осадочные золоторудные месторождения. Другие рудники имеют такие размеры и значение, что там регулярно осуществляются обширные геологоразведочные программы и разрабатываются детальные долгосрочные планы, чтобы гарантировать, что производство может продолжиться на удовлетворительном уровне в будущем; пример - крупные меднопорфировые рудники. Многие другие рудники также разрабатывают сложные месторождения, непрерывность и структура которых трудно предсказуема.

Однако, даже отвлекаясь от природы минерализации, определение политики БС на много лет вперед не может быть предпринято без какой-то информации о распределении содержаний в руде металла, с которыми рудник вероятно столкнется в течение анализируемых лет. Это требует предварительного составления долгосрочных горных планов или создания статистического основания для экстраполяции будущих оценок из настоящих.

Конечно, горные планы не могут быть составлены без некоторых предварительных предположений о БС, но это - больше теоретическая проблема, чем реальная практическая трудность. Горное планирование – это процесс подгонки и переделывания данных, поэтому можно взять любые стартовые значения параметров и затем неоднократно уточнять их, пока планы не будут приемлемы. (Это обычно означает повторение вычислений до тех пор, пока не останется никакого известного способа, чтобы достигнуть дальнейших усовершенствований.) БС - только один элемент в процессе, который связан с оптимальным извлечением руды из минерализованного тела.

Естественно, что при описании будущего планы менее надежны, но эффект дисконтирования уменьшает последствия влияния неопределенности на текущие значения БС. Очень важны детальные планы для первых двух или трех лет, а также - приблизительные планы для следующих пяти лет; за пределами этого периода обычно достаточно хороши даже сырые цифры.

Показатели минерализованных запасов, которые требуются для оценок БС: тоннажи и содержания, которые будут получены в результате работы с различными

эксплуатационными БС. Критическим является термин "эксплуатационные". Здесь важны два предположения.

Прежде всего – селективность горных работ. Различные горные методы достигают разной селективности между рудой и породой. Например, маленькие экскаваторы и грузовики могут разделить руду и породу лучше, чем большие. Точно так же для подземки, небольшие открытые очистные блоки дают меньшее разубоживание, чем крупномасштабные методы этажного обрушения. Поэтому данные о распределении содержаний должны быть связаны с фактической степенью селективности для того оборудования, которое находится в использовании. Геостатистика обеспечивает средства для того, чтобы рассчитать изменчивость рудопотоков для различных размеров добычного оборудования.

Второе – точность измерений для контроля содержаний. Поскольку осуществление выборки и опробование приносят статистические ошибки, то часть материала будет неправильно классифицирована; руда будет учтена как порода и наоборот. Там, где возможно, это обстоятельство также должно быть учтено в распределениях содержаний. Другими словами, распределение содержаний должно состоять из оценок тоннажей и содержаний, которые будут достигнуты, работая с различными БС, независимо от фактического размещения различных сортов руды в минерализованном теле.

Вообще, эффекты плохой селективности выемки и некачественного опробования должны привести к большему количеству руды с более низким содержанием, чем было предсказано. К сожалению, это банальная особенность многих шахт. Мощный инструмент для того, чтобы анализировать эти эффекты и оценивать достоинства альтернативных процедур осуществления выборки – условное моделирование (см. главу 3). Это – сложный инструмент, но он действительно реалистично воспроизводит характеристику изменчивости, которая характерна для данного месторождения.

Популярное неправильное суждение относительно минерализованных запасов – то, что БС непосредственно определяет, какие части минерализованного тела должны быть отработаны. Оно базируется на том, что любая часть рудного тела с содержанием выше БС должна быть идентифицирована как руда. Эта интерпретация не всегда правильна. БС – это эксплуатационный критерий, используемый в горной промышленности. На вопрос о том, должна ли данная область быть отработана, можно ответить только после специального экономического анализа, который принимает во внимание среднее содержание минерализованного материала выше БС и оценивает его с учетом дополнительных затрат. Например, материал в пределах окончательного карьера будет добыт и рассмотрен как руда только, если его содержание будет выше текущего БС во время горных работ. Однако, материал выше БС в бортах карьера будет добыт только, если можно будет доказать, что среднее содержание и тоннаж этого материала по крайней мере возместят затраты на дополнительную вскрышу. Если бы это было так, то окончательные контуры карьера сместились бы, чтобы включить дополнительный материал. Точно так же БС для подземки определяет только то, какой блок или панель должны быть подготовлены. Действительно ли их надо подготавливать, может быть решено только экономическим сопоставлением затрат на подготовку и отработку этих блоков со средним содержанием и тоннажем руды в очистных блоках.

Удобно представлять данные о запасах в форме таблицы, включающей категории содержаний с одной стороны и данные добычи с другой. Приращения соответствуют последовательным фазам горного плана и могут иметь любую размерность, соответствующую обычной практике горного планирования. Например, если детальные планы созданы для четырех кварталов, более приблизительные для каждого последующего года в течение нескольких лет и, наконец, очень приблизительные – для пятилетних периодов, то эти же самые периоды должны быть приняты для использования в качестве приращений в таблице. Однако, важно, чтобы эти приращения были определены в терминах тоннажа, а не времени. Хотя приращения могут соответствовать

приблизительно кварталам или годам, они не связаны с этими периодами, и различные стратегии БС будут предусматривать их отработку с различной производительностью. Это достаточно удобно, хотя практика горного планирования не приветствует длительную работу в тоннажах без преобразования их во временные интервалы. Планы должны составляться так, чтобы добыть, например, следующий 1 миллион тонн, оставляя открытым вопрос, можно ли это сделать за 11, 12 или 13 месяцев, или даже в некоторый другой период. Точно так же могут быть использованы категории содержаний, чтобы соответствовать категориям, обычно используемым для исследований содержаний. Однако, если интервалы содержаний являются нерегулярными, то арифметика интерполяции становится усложненной, и может оказаться легче повторно оценить тоннажи с регулярными интервалами с самого начала.

Главный пункт здесь - последовательность данных содержаний с границами категории. Последовательность в этом контексте означает, что средние содержания внутри каждой категории соответствуют разумным предположениям о распределении сортов между границами категорий. Это может быть проиллюстрировано рассмотрением очень упрощенных данных тоннажа-содержаний, представленных в Таблице 4.1. Эта таблица обычна по форме, но включает округленные тоннажи и только четыре категории.

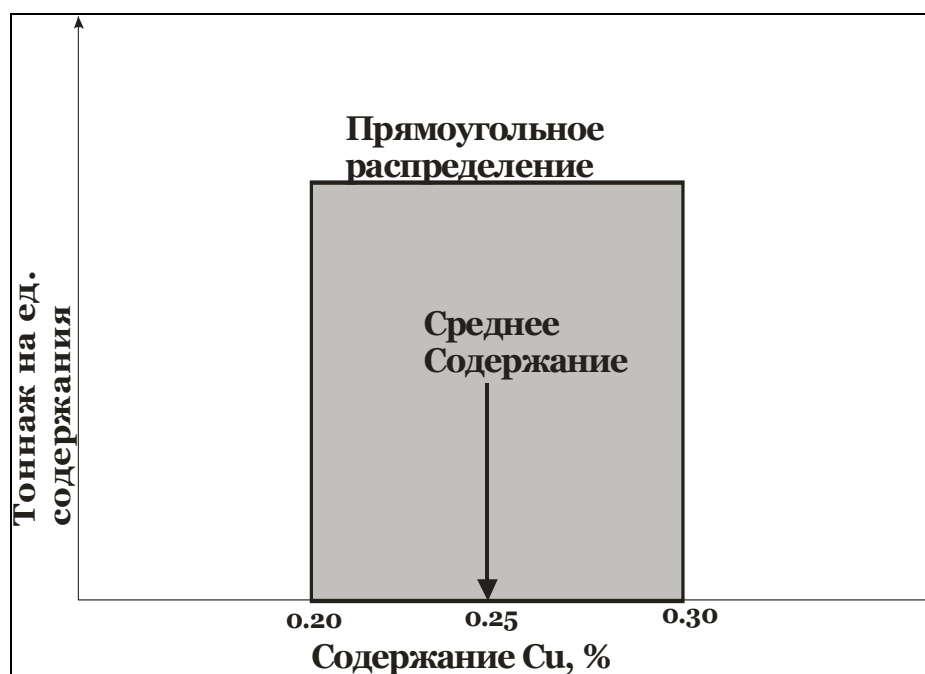


Рисунок 4.13. Прямоугольное распределение содержаний внутри категории (интервала) 0.2 – 0.3%.

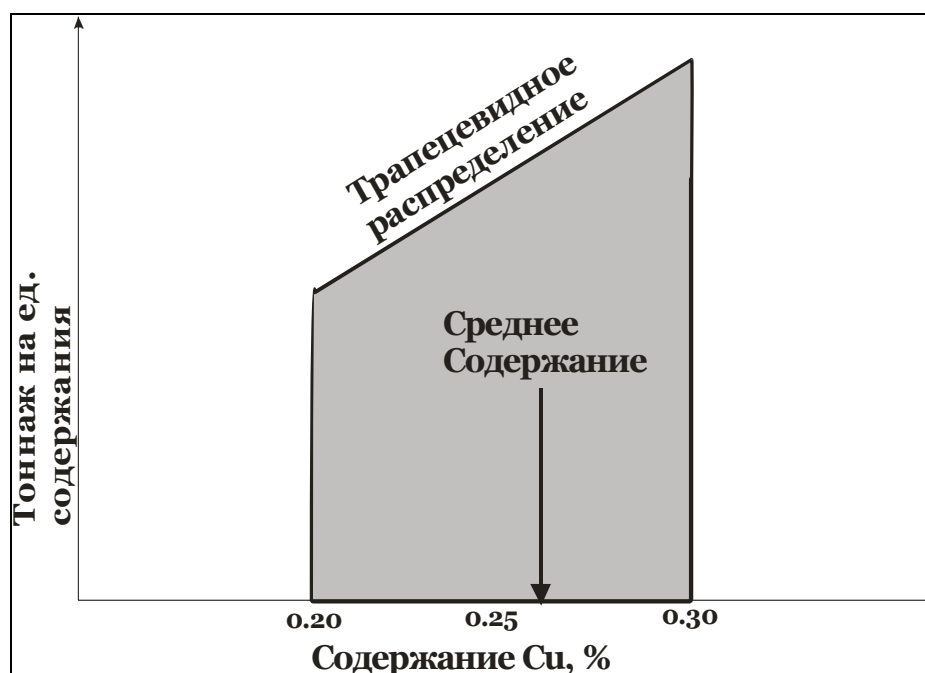


Рисунок 4.14. Трапецевидное распределение содержаний внутри категории (интервала) 0.2 – 0.3%.

Таблица 4.1

Категория содержаний, % Cu	Тоннаж, тыс. т	Среднее содержание, % Cu	Запасы Меди, т
0.0-0.200	30.0	-	-
0.201-0.300	40.0	0.250	100
0.301-0.400	50.0	0.380	190
0.401+	100.0	0.650	650

Когда создается такая таблица запасов, то делается предположение о том, что средние содержания распределяются одинаково в пределах каждой категории. Следовательно, тоннажи и содержания выше, скажем, 0.30 % меди – это 840 тонн меди, содержащейся в 150 000 тоннах, то есть среднее содержание этого класса 0.56 % или выше. Класс выше 0.35% соответствует 745 тоннам (650 тонн плюс половина от 190 тонн) меди в 125 000 тоннах руды со средним содержанием 0.596 %. Любое БС, основанное на этой интерполяции, будет, вероятно, вводить нас в заблуждение, т.к. утверждает, что в результате уменьшения БС с 0.35 % до 0.30% произойдет прирост тоннажа руды (25 000 тонн с содержанием 0.38 %). Это – некорректно, т.к. среднее содержание любой порции руды этого класса должно быть между двумя указанными границами БС.

Проблема иногда может быть объяснена альтернативной гипотезой, что для разных классов содержаний распределения содержаний могут быть различны.

Например, внутри второй категории распределение может быть прямоугольным. Это дало бы среднее содержание 0.25 %, которое является совместимым с фактическим средним, как показано на рис. 4.13. Предположим, однако, что среднее содержание будет близко к среднему значению, но не равно ему, т.е. может быть предположено трапецидальное распределение, как показано на рис. 4.14. В этом случае больше материала находится ближе к верхнему концу распределения, а меньше – к нижнему, в результате чего среднее содержание сдвигается вверх. В обратном случае среднее содержание будет сдвигаться вниз.

Формулы для трапецевидной интерполяции тоннажей и содержаний выше содержания g в пределах интервала (g_1, g_2), когда среднее число – g' ,

$$\text{Тоннаж} = \Pi(g_2 - g) [3g(2g' - g_1 - g_2) + g_2(g_2 + g_1) - 2gl(3g' - 2gl)] / (g_2 - g_1)^3$$

$$\text{Минерал} = \Pi(g_2 - g) [2g_2(2g' - g_1 - g_2) + (g + g_2)(g_1 + g_2 - 3g_1g')] / (g_2 - g_1)^3$$

где Π - полный тоннаж в данной категории.

Эти формулы гарантируют корректность, но могут быть применены только, когда среднее содержание g - меньше чем одна шестая интервала содержания от его середины: то есть когда оно находится в центральной трети интервала. Вне этого диапазона подразумевается отрицательный тоннаж в каком-то месте интервала, что нереалистично. Поэтому, распределение содержаний в пределах интервала 0.301-0.400 в таблице 4.1. не может быть представлено таким образом, что среднее содержание приращения (0.38) находится вне диапазона 0.333-0.367. Конечно, может быть предположено распределение со средним 0.38, но это будет сложно и достаточно произвольно.

При этих обстоятельствах теория должна признать существование несогласованностей и выбирать достаточное число категорий (классов) содержаний, чтобы гарантировать, что ошибки интерполяции будут небольшими. Обычно десять категорий в исследуемом диапазоне бывает более чем достаточно.

Иногда выбор большого числа категорий не облегчает несогласованности; средние значения остаются очень эксцентричными или располагаются вообще вне интервалов. В таких случаях оригинальные содержания, определяющие категории, называют параметрическими, потому что они только косвенно характеризуют фактические содержания.

Параметрические содержания не вызывают никаких фундаментальных проблем в анализе БС, но формулы в разделе 4.5 для ограниченных экономических БС не являются в этом случае действительными и должны быть адаптированы. Расчеты максимизации также должны быть выполнены другими способами. Это обсуждается далее в разделе 4.11.

4.10. Вычисление полной политики БС

Разделы 4.5, 4.6 и 4.7 были связаны с вычислением оптимального БС для единственного момента времени. Этот раздел рассматривает вычисление последовательности оптимальных БС за какой-то период. Эта совокупность значений и называется оптимальной политикой БС.

Никаких новых теоретических принципов вводиться не будет, т.к. каждый БС в последовательности – это оптимальный БС, вычисленный согласно описанным ранее принципам. Однако, они должны быть корректными в смысле, описанном в разделе 3; ежегодные потоки наличности и связанная с ними последовательность величин СЦ должны соответствовать значению СЦ для всего оцениваемого периода.

В разделе 4.3 указано, что оптимальная политика БС соответствует полной оптимальной стратегии использования ресурса, в данном случае - минерализованного тела. Проблема состоит в том, чтобы найти траекторию этой стратегии, вдоль которой связанная с ней последовательность значений СЦ достигает предельной величины. В этом случае траектория оптимальной эксплуатации ресурса и величины СЦ для каждой стадии вдоль нее - максимумы.

Обычно, период, для которого должна быть определена политика БС, - это остающаяся часть жизни операции (рудника). В этом случае, предельная СЦ равна нулю. Возможно, конечно, вычислить политику и для более короткого периода, но в таких случаях должна быть определена предельная СЦ для ресурса, который останется после завершения исследуемого периода. Причина этого в том, что процесс оптимизации

максимизирует СЦ для определенного уровня ресурса, а формулы максимизации обязательно включают величину, связанную с продолжающимися операциями с ресурсом, остающемся за пределами исследуемого приращения.

Очевидно, что вычисление последовательности оптимальных БС потребует базы данных информации для всего исследуемого периода. Это означает выполнение ежегодных прогнозов экономических параметров, описанных в разделе 4.8, и оценок минерализованных запасов (см. раздел 4.9).

Главная проблема в вычислении политики БС (в отличие от расчета единственного оптимального БС) состоит в том, *когда и как стартовать*. Заманчиво было бы создать политику БС, двигаясь задним ходом. Оптимальное БС может быть вычислено, начиная с окончательного значения, т.е. с использованием потока наличности в заключительном году. Затем, с учетом окончательного значения вычисляется СЦ в течение предпоследнего года. Эта цифра может затем использоваться для расчета БС в этом году, после чего вычисляется СЦ, для двух лет до завершения и т.д....

Однако, использование этого подхода связано с трудностями. Политика БС затрагивает скорость продвижения через минерализованное тело и, пока сама политика не будет определена, время завершения операции неизвестно. Эта трудность может быть преодолена, используя несколько вариантов времени завершения проекта, *но более логично начинать все-таки с начала*.

Следующая проблема - *как начинать*, потому что неизвестны начальные уровни СЦ. Эту проблему можно преодолеть математическим интерактивным процессом. Принимаются варианты начальных уровней, рассчитывается политика, а окончательная СЦ сравнивается с заданной предельной величиной. В зависимости от различия между ними, изменяются начальные уровни, и вычисляется новая политика. Этот метод традиционно используется в практике артиллерийского дела, когда постепенно изменяют направление прицела орудия (начальный уровень СЦ) до тех пор, пока снаряд не упадет близко к цели, указанной заранее.

Осложнение связано с требованием иметь две последовательности СЦ. Как показано в разделе 4.3, формула для расчета оптимальной стратегии на каждой стадии включает термин возвращения от альтернативных затрат капитала.

$$F = \delta V^* - dV^*/dT,$$

где dV^*/dT – это скорость изменения СЦ во времени, а величина этого параметра является разницей между СЦ данного года и сегодняшней СЦ для того же самого количества оставшихся ресурсов. Поэтому должны быть приняты два начальных уровня и, следовательно, две параллельных ряда значений СЦ.

Использование звездочек с параметрами требуется потому, что только при заключительной итерации – СЦ является оптимумом, для которого V_i – это СЦ в начале года i , а W_i – это СЦ для того же самого ресурса, остающегося в конце года i . Тогда

$$(dV/dT)_i = W_i - V_i$$

$$\text{и } F_i = \delta V_i - (dV/dT)_i = \delta V_i + V_i - W_i$$

Используя величину F_i , могут быть определены: экономические параметры в течение периода i , содержание минерализованных запасов для соответствующего приращения, эффективный оптимальный БС (g_i) и соответствующий поток наличности C_i из формулы

$$C_i = \{(p_i - k_i) x_i y_i g_i' - x_i h_i - m_i\} r_i - f_i,$$

где g является потребленным ресурсом.

Иногда заданное приращение запасов исчерпывается в течение года, поэтому другое приращение должно быть начато в конце года. В таких случаях поток наличности состоит из двух компонентов, вычисленных отдельно для двух приращений и распределенный пропорционально времени, в которое каждое приращение отрабатывается. Затем может быть вычислена следующая СЦ в последовательности путем добавления процента на затраченный капитал и уменьшения на величину C_i (withdrawn cash)

$$V_{i+1} = (1 + \delta) V_i - C_i$$

Вычисления для последовательности W аналогичны, но с использованием экономических параметров следующего года. Значение для W_{i+1} , для формирования соответствующей оценки F определяется из выражения

$$F'_{i+1} = 1 - \delta W_i + V_{i+1} - W_{i+1},$$

Его трудно использовать непосредственно, но значение $V_i - W_i$ может быть взято, как первое приближение $V_{i+1} - W_{i+1}$, а затем выполнены и другие итерации, чтобы получить W_{i+1} через W по формуле

$$W_{i+1} = (1+\delta) W_i - C_{i+1},$$

где сначала идет обращение к последовательности W .

Чтобы сохранить параллельные последовательности V и W , W_{i+1} должна соответствовать тому же самому остающемуся ресурсу, как и V_{i+1} .

Это выражение, возможно, отличается от расчетов предыдущего параграфа из-за различных экономических параметров и, следовательно, различных оптимальных содержаний. Поэтому необходимы исправления. Простое предположение состоит в том, что последовательность W изменяется с той же самой скоростью относительно потребляемого ресурса, как и последовательность V в предыдущем году. Это позволяет сделать коррективку

$$(V_{i+1} - W_i)(r_{i+1} - r'_{i+1}) / (r_{i+1} + r_i)$$

где, как и прежде, r - ресурс, потребляемый в течение года.

Измененная формула для W_{i+1} принимает вид

$$W_{i+1} = (1+\delta) W_i - C_{i+1} + (V_{i+1} - W_i)(r_{i+1} - r'_{i+1}) / (r_{i+1} + r_i)$$

Эта интерактивная петля приводит к устойчивой величине W_{i+1} .

Вычисления политики БС завершаются, когда ресурс исчерпан, или остается некоторое заданное его количество. В этом пункте последовательности V и W должны быть близки к нулю или указанной предельной величине. В противном случае начальные уровни, V_i и W_i должны быть изменены, и все вычисления повторены. Процесс для одного такого цикла иллюстрирован на рис. 4.15.

Подбор подходящей формулы для конвергенции достаточно сложен в зависимости от поведения базовой модели и относительной важности скорости и надежности (нечувствительность к сделанным допущениям и маленьким ошибкам). Однако, обычно бывает эффективно простое применение дисконтированных остатков.

Если СЦ после завершения проекта - $V\lambda$ и $W\lambda$, то соответствующие остатки

$$V\lambda - \Gamma \text{ и } W\lambda - \Gamma$$

где Γ - предельная величина. Если жизнь операции - I лет, то дисконтированные остатки

$$(V\lambda - \Gamma) / (1 + \delta)^\lambda \text{ и } (W\lambda - \Gamma) / (1 + \delta)^\lambda$$

Эти выражения действительны, даже для отдельных лет, включенных в λ .

Вычитание их из V_i и W_i соответственно дает новые начальные уровни для следующей итерации.

Это вычисление может быть сложным и трудоёмким, и лучше всего выполняется на компьютере. Оно, в частности, включено в программу OGRE (Optimum Grades for Resource Exploitation), и в другой форме в программу OptiCut. Компьютерные системы этого типа - очень мощные инструменты для исследования политики БС. Они позволяют исследование факторов, влияющих на политику, и последствий этого влияния в течение рассматриваемого времени. Эти программы рассмотрены в главе 4.

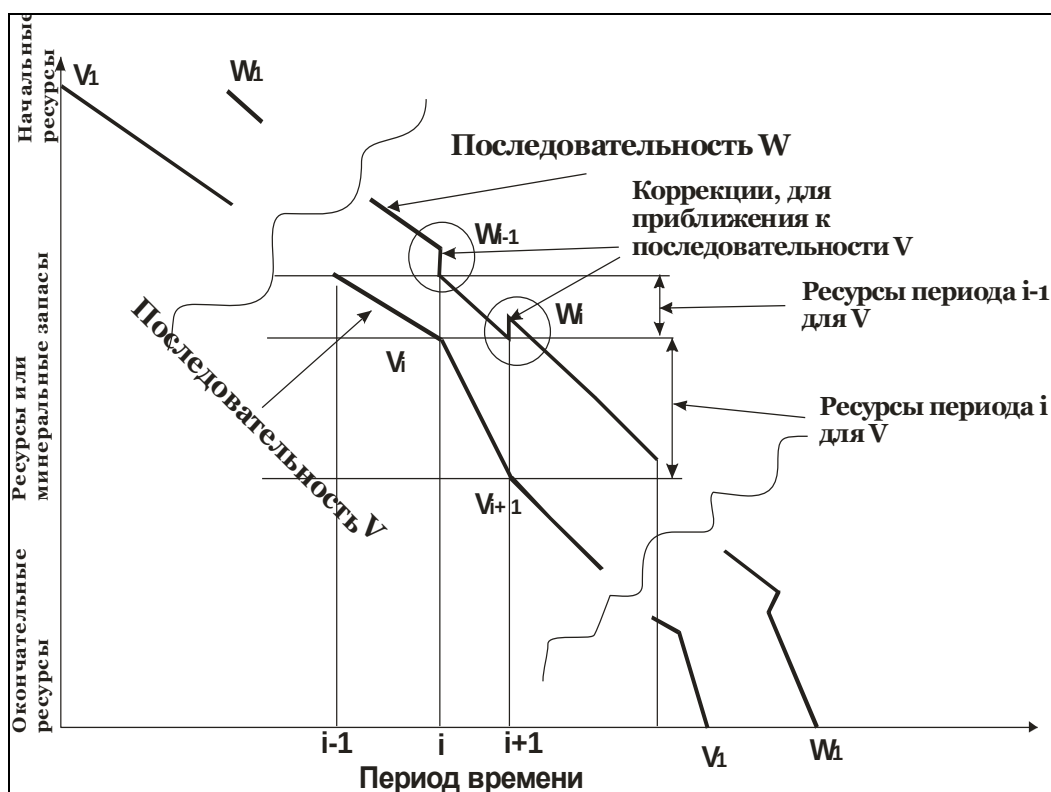


Рисунок 4.15. Графическое представление одной итерации создания оптимальной политики БС.

4.11. Параметрические БС

БС определяется как параметрическое БС, если оно только косвенно связано с распределением содержаний в минерализованном теле. Параметрические БС – это обычные параметры, которые рассчитываются в результате разнообразных причин, включающих:

- разные показатели извлечения для различных типов минералов,
- присутствие в руде попутных полезных ископаемых, эквивалентные ценности которых просто добавляются к главному минералу, а также
- погрешности в контроле качества руды.

Рассмотрим для примера медное минерализованное тело, которое содержит также некоторое количество молибдена. Исходные категории содержаний, возможно, были определены и для меди, и для молибдена, но, поскольку молибден имеет незначительную важность по сравнению с медью, то обычно избегают сложностей двухразмерных анализов содержаний, вычисляя только медный эквивалент молибдена в каждой медной категории и добавляя его к содержанию меди.

Это приводит, конечно, к компромиссу между точностью и практичностью,. В теории должно быть рассчитано двухмерное распределение содержаний, и анализ проведен согласно методам, описанным в разделе 4.17, или запасы должны быть повторно оценены на основе объединения полезных компонентов. Последний подход влечет за собой добавление одного минерала к эквиваленту другого на более ранней стадии оценки запасов минерализованного тела. Стадия этих вычислений зависит от метода оценки запасов: это может быть начальная стадия опробования или более поздняя стадия создания блочной оценки. В любом случае, повторная оценка запасов – это главное арифметическое упражнение, которое должно повторяться всякий раз, когда имеют место существенные изменения в относительных ценностях этих двух компонентов.

Поэтому альтернатива объединения ценностей в распределении привлекательна, и аппроксимация может быть приемлема, если вторичный минерал имеет незначительное значение. Приближение может также быть полезным, если эти два полезных компонента хорошо коррелированы так, что вторичный компонент эффективно усиливает значение первичного, или если вторичный минерал равномерно распределен по рудному телу.

Как следствие, категории распределения, определенные одним минералом, больше не связаны с распределением для объединенных полезных ископаемых.

Факт, что БС является параметрическим, не вносит никаких новых фундаментальных дополнений в теорию БС, но в определенных областях необходимо соблюдать осторожность. В особенности там, где распределение становится непоследовательным, т.е., если БС изменяется незначительно, а содержание граничного материала не является близким к БС. Это делает недействительным использование ограниченных экономических БС, рассмотренных в разделе 4.5.

Есть два основных способа обойти эту проблему. Первый путь состоит в том, чтобы установить связь между фактическим распределением переменной и параметрической мерой. Например, это заставило бы искать связи между медными эквивалентами всех имеющихся в руде компонентов и реальными содержаниями меди. Иногда здесь могут быть установлены весьма простые зависимости.

Например, если молибден распределен случайно, то эффект его влияния должен быть добавлен как постоянный медный эквивалент по всему диапазону. Если он коррелирован с медью, то эффект должен быть добавлен как постоянный процент. При наличии такой связи могут использоваться формулы раздела 4.5, но полученные при этом БС должны быть преобразованы с помощью полученных выражений в параметрическую форму.

Второй путь состоит в том, чтобы найти максимумы (см. раздел 4.5) с помощью методов, нечувствительных к параметрическому измерению БС. Эта альтернатива возможно менее изящна, но она может быть более здоровой и подходящей для компьютерных вычислений. Выражение, которое обычно максимизируется, – приращение СЦ на единицу ресурса.

$$v = (p-k) \text{ хуг}' - xh - m \text{ — } (f+F) \tau$$

где τ принимает одну из трех форм: $1/M$, x/H , $\text{хуг}'/K$

Как было описано в разделе 4.7, график v , как функции БС, является выпуклой вверх функцией с единственным максимумом. Практически, БС (параметрическое оно или нет) может изменяться только в пределах определенного диапазона, следовательно метод обязан искать этот диапазон и определять местонахождение максимума, который должен существовать или на одном конце или где-нибудь между ними. Есть много методов вычислений, которые подходят для этого утверждения, но, как обнаружили, модель сетки поиска оказалась наиболее простой и эффективной. Кратко говоря, она вычисляет v во всех узлах достаточно редкой сетки, покрывающей исследуемый диапазон, находит максимум и затем окружает максимум более подробной сеткой, которая охватывает два интервала первоначальной сетки с обеих сторон. Этот процесс может быть повторен, чтобы достигнуть любого уровня точности. Достоинство метода в том, что он может легко быть расширен до двухмерного поиска, как будет описано в разделе 4.16.

Результат использования метода поиска заключается в том, что максимум определяется в терминах параметрического содержания независимо от фактических содержаний, кроме случаев, когда они затрагивают вычисление приращений СЦ. Поэтому любая несогласованность здесь не существенна.

Конечно, если метод поиска используется, чтобы определить местонахождение ограничивающих экономических максимумов, то он мог бы быть расширен для поиска полного эффективного оптимума. Чтобы сделать это, вычисляются все три разновидности v

$$\begin{aligned}v_m &= (p-k) x_{yg}' - x_h - m - (f+F)/M \\v_h &= (p-k) x_{yg}' - x [h + (f+F)/H] - m \\v_k &= [p - k - (f+F)/K] x_{yg}' - x_h - m.\end{aligned}$$

Эффективная ограничивающая способность в любом БС - всегда соответствует минимуму из этих трех значений. Назовем ее e

$$e = \text{Min} (v_m, v_h, v_k)$$

Эффективное оптимальное БС – это содержание, при котором достигается максимальная выполнимая ценность: то есть содержание, при котором e является максимальным. Так как график e , подобно индивидуальному V_s , является выпуклым и восходящим графиком, этот максимум уникален и может также быть найден методом поиска. Поэтому, здесь может использоваться единственный поиск, чтобы найти полный эффективный оптимум за один проход, и он не будет зависеть от несогласованностей в данных о запасах.

Возможно полностью использовать метод поиска описанным способом даже в непараметрических случаях. Действительно, как упомянуто в разделе 4.5, форма экономической модели не могла гарантировать получение удобных формул для ограничения экономических оптимумов. В таких случаях, может быть целесообразным (или даже необходимым) использовать описанную выше технику поиска. Однако, в большинстве случаев методы, описанные в разделах 4.5, 4.6 и 4.7 не только более изящны, но они также обычно быстрее осуществимы.

4.12. Эффекты погрешностей в контроле качества руды

Это - одна из наиболее неприятных по своим последствиям областей в горном деле. Иногда она является источником серьезных проблем почти на каждом руднике. Контроль качества руды осуществляется на основе информации о содержаниях, полученной из разнообразных и обширных программ осуществления выборки. Метод осуществления выборки зависит от типа торных работ, но, в целом по промышленности, используются все известные методы отбора проб: скважины, шпуровые, черпаки, горсти, борозды и т.д. Пробы затем анализируются и обрабатываются всевозможными статистическими методами, включая просто усреднение, усреднение с выборкой, отбором и преобразованием, взвешенное усреднение и кригинг.

Проблемы происходят из-за того, что, в итоге не существует какого-либо удовлетворительного способа проверить достоверность сделанных прогнозов содержаний.

То, что методы осуществления выборки подчинены большим статистическим колебаниям, - это известная истина, которая легко проверяется с помощью программ осуществления дублирующих выборок. То, что статистические методы зависят от характера изменения минерализации в рудном теле, обычно также хорошо понимается. Но эффективность и точность работы всей системы не может быть оценена без периодических сверок предсказанных и фактических содержаний. Это – серьезное испытание, и его редко можно осуществить, за исключением случаев оценки только среднего выборки. Причина этого в том, что обычно не делается никакого дальнейшего опробования содержаний до тех пор, пока материал, классифицированный как руда, не попадет на завод. К тому времени руды из многих участков рудника уже перемешаны и прошли буферные склады. Поэтому сопоставление возможно только за длительный период, не менее недели или месяца, да и то оно может подтвердить достоверность только средних значений прогноза. Этот результат очень далек от подтверждения прогнозов по отдельным выемочным блокам. Весьма возможно, что на многих рудниках серьезный контроль качества руды, обеспечивающий разделение руды и породы в небольших порциях для правильного усреднения, является в значительной степени беллетристической.

Однако, здесь имеется в виду только качественное разделение руды и породы. Минерализованное тело может быть представлено совокупностью блоков с минимальным размером, который позволяет их выборочное извлечение. С каждым из блоков могут быть связаны два статистических параметра: его фактическое среднее содержание и содержание, предсказанное системой управления качеством. Формула для расчета, конечно, неизвестна, но два статистических параметра (для всех блоков в данном приращении) формируют двухмерное распределение, которое может быть изображено в виде графика как показано на рис. 4.16.

Это распределение может быть разделено на категории предсказанных интервалов содержаний, которые формируют горизонтальные пластины. В пределах каждой пластины фактические данные формируют одномерное распределение на двухмерном распределении. Средние содержания этих одномерных распределений и связанные с ними области дают информацию, которая требуется для получения оценок распределений минерализованных запасов для приращения, представленного на графике. Это показано на рис. 4.17, который предназначен только для иллюстрации. Однако, возможно визуально приблизительно оценить фактические средние содержания в пределах предсказанных категорий содержаний.

Эти содержания могут вообще не попадать между предсказанными границами интервалов содержаний и, поэтому, несовместимы с ними. Фактически, процесс усреднения обычно уменьшает эту разницу, и средние содержания категорий будут находится в более узком диапазоне чем сами категории. Например, на рис 4.17, предсказанный диапазон категорий содержаний составляет 0.2 - 0.4%, тогда как фактические средние содержания этих категорий имеют интервал только 0.26 - 0.33 %. Сокращение этого диапазона - один из признаков качества системы предсказания содержаний, т.к. полностью неэффективная система предсказала бы такие же средние содержания в каждой категории.

Предсказанные содержания, фактически, являются параметрическим измерением фактических и предсказанных содержаний, а БС в этом случае - это параметрическое БС.

Так как почти каждый рудник должен обосновывает свои БС на предсказанных содержаниях, то почти все БС являются параметрическими. Однако, лишь немногие из них рассматриваются таким образом,. Это имеет значение только для рудников, работающих со сбалансированными БС, но причиной большинства ошибок является непонимание механизма влияния погрешностей в оценке содержаний на БС, а также нехватка надежной информации о соотношениях между предсказанными и фактическими содержаниями. Поэтому из-за отсутствия лучшей альтернативы, расчетные БС часто непосредственно применяются к содержаниям, предсказанным системой управления качества руды.

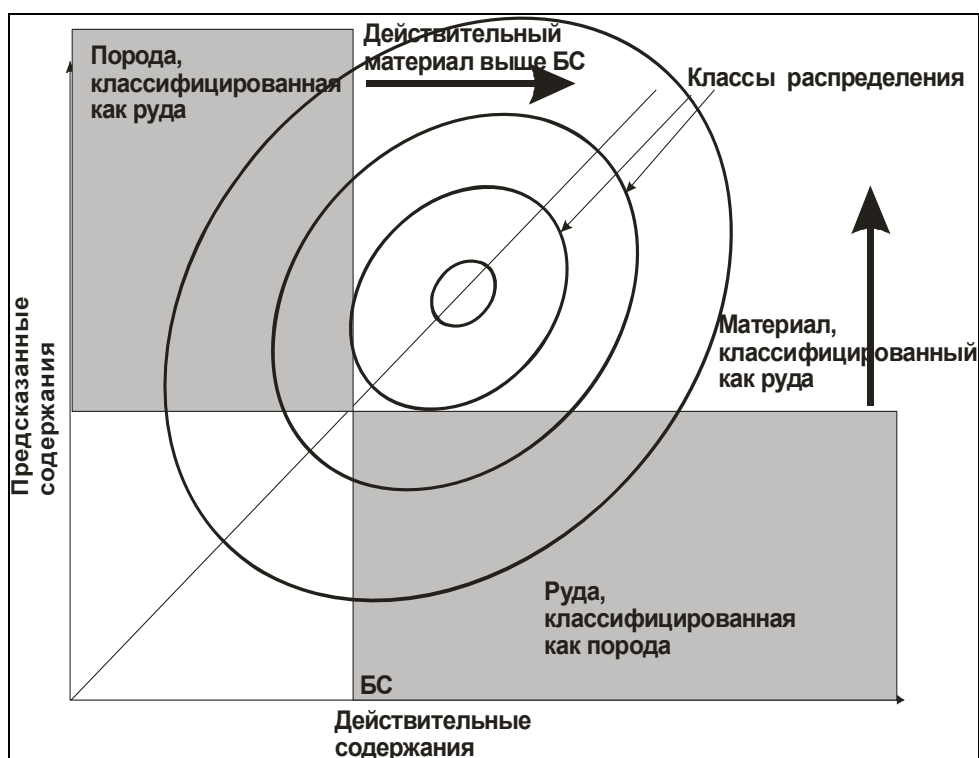


Рисунок 4.16. Двухмерное распределение прогнозных и реальных содержаний в минимальных горных боках

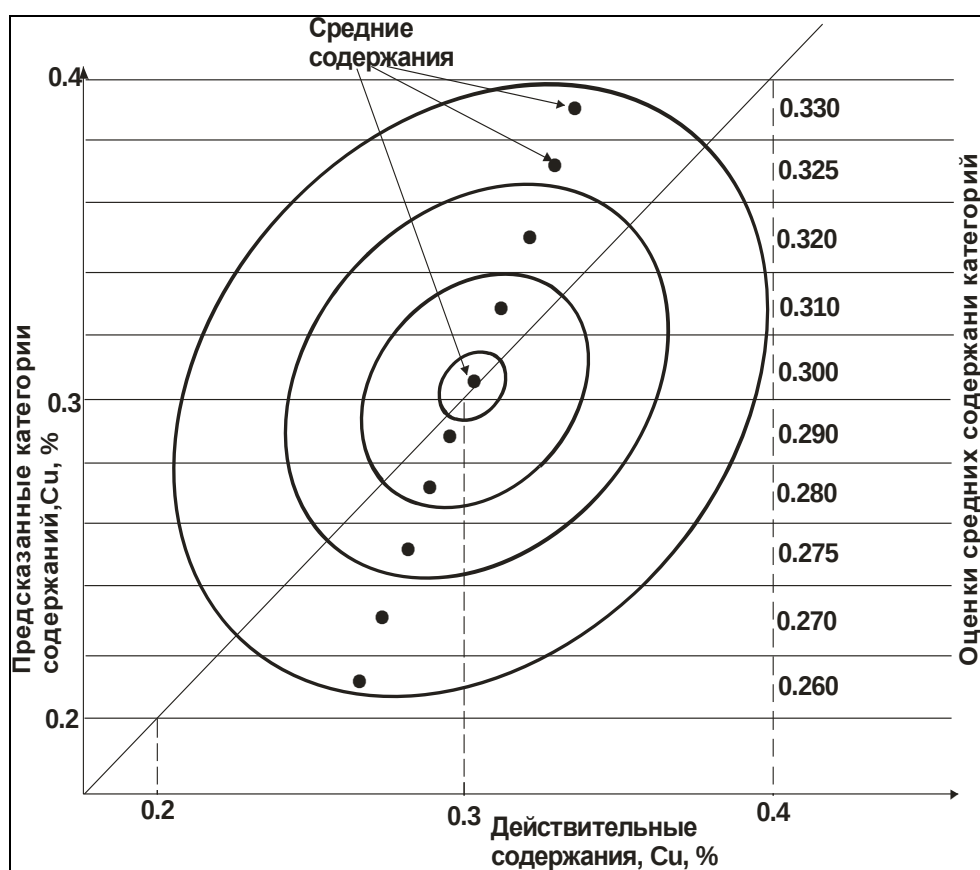


Рисунок 4.17. Оценки средних действительных значений внутри предсказанных категорий содержаний для распределения, показанного на рис. 4.16.

По той же самой причине, а именно, из-за нехватки надежной информации, трудно прокомментировать значение этого предположения. Но оно, конечно, очень важно для оценки точности определения содержаний на всех стадиях системы контроля качества

руды. Поэтому, проверьте программы опробования, испытания валовых проб, исследование исторических данных, результаты геостатистических исследований и проведите сопоставление, чтобы установить хотя бы грубую форму соотношения предсказанного и фактического распределений. Только тогда может быть оценено его влияние на политику БС.

В случае, иллюстрированном на рис. 4.17, при использовании расчетного БС 0.27 % Си для предсказанных содержаний необходимо установить фактическое БС меди на уровне приблизительно 0.28 %. Это различие едва ли будет существенно. Намного больше беспокойства, вероятно, вызовет распределение, которое, при таком БС, приведет к тому, что около 25 % материала будет неправильно классифицировано как руда и наоборот. Измерений содержаний в целях контроля ясно недостаточно. Погрешности представляют меньше проблемы, когда оптимумом является балансирующее БС. Хотя расчетное БС может быть ошибочно, и вызывать дисбаланс, но баланс может быть оперативно восстановлен некоторым изменением эксплуатационного БС.

4.13. Содержания на промежуточных складах

Оптимальная политика БС обычно приводит к постепенному снижению БС в течение жизни горной операции в результате уменьшающейся СЦ. Одно из последствий этого явления состоит в том, что содержания, которые являются неэкономичными в ранние годы, могут быть экономичными позже.

Минерализованный материал с содержаниями между высокими и низкими БС называют материалом с промежуточным содержанием. Определенные типы добываемого материала могут складироваться для более поздней переработки. Идея имеет очевидные соблазны. В конечном счете, любой минерализованный материал, который может быть экономически классифицирован как руда на любой стадии жизни рудника, не бракуется как порода. Эта политика максимизирует количество минерала, извлекаемого из минерализованного тела, защищает природные ресурсы и обычно нравится владельцам собственности. Такая стратегия ведет к улучшению полной экономики проекта, увеличивая поток наличности в более поздних годах, когда извлекается и перерабатывается складированный ранее материал.

Однако, эта идея имеет и недостатки. Во-первых, логистика создания отдельного склада, или нескольких складов, если имеется много промежуточных сортов материала, никогда не бывает легкой. Она будет зависеть от размера территории рудника и природы смежного ландшафта; лишние территории всегда являются дефицитом, т.к. у рудника всегда есть потребность в размещении отвалов, хвостохранилищ, отстойников, дробилок, водохранилищ, средств обслуживания и даже - отделов горного планирования. В этих условиях создание дополнительных складов с размещением в них на долгие годы большого количества материала может повлечь за собой перепроектирование большой части территории рудника и изменения маршрутов перевозки.

Во вторых, появляется несколько статей дополнительных затрат. Увеличиваются затраты на более длинные перевозки и дополнительные перегрузки материала. Также потребуется затрата капитала на строительство складов и покупку дополнительного оборудования.

В-третьих, складированный материал может ухудшить свои свойства в результате длительного воздействия окружающей среды. Может произойти некоторое выщелачивание с потерей минерала; окисление руды может создать трудности на ОФ и вызвать снижение извлечения, что будет также связано с дополнительными затратами. Эти эффекты не всегда легки для учета, потому что поведение материала в специфической окружающей среде может быть полностью понято только через несколько лет наблюдений.

Конечно, выщелачивание может быть использовано, как предусмотренный проектом вторичный процесс переработки. Оно может быть экономически оправдано, но это - полностью постороннее понятие для складирования, как оно определено в этой главе, и поэтому здесь не обсуждается.

Оптимальная политика складирования - сложный предмет. Во-первых, факт складирования затрагивает уравнения для БС, которые до настоящего времени определялись для условия, что неэкономичный в данное время материал, т.е. порода, не имеет никакой ценности. Если некоторая часть этого материала идет на склад и может быть экономно переработана в будущем, то раннее предположение больше не действительно. Во-вторых, выбор времени работы со склада зависит и от ценовых движений. Например, при определенных обстоятельствах (при низкой цене) может быть лучше использовать материал с более низким содержанием со склада, чтобы сохранить более качественный материал для ожидаемого повышения цены на более поздней стадии.

Однако, политика складирования редко имеет такой высокий приоритет, чтобы оптимизация ее была критической. Удовлетворительный компромисс в практических целях дает вычисление БС, когда породе не назначается никакой ценности, а поставка на переработку материала со склада будет приводить к увеличению запланированного потока наличности.

Элемент складирования этого вида может быть оценен расширением математической модели операции для включения в нее данной стадии и вычислением по этой модели полной политики БС для жизни рудника. Должна быть создана новая модель, чтобы соответствовать специфическим местным условиям. Дополнительные экономические параметры этой модели:

- s - переменные затраты на тонну извлеченного из склада и отправленного на завод материала;
- ys - извлечение минерала из промежуточного материала в процессе переработки;
- gs - нижняя граница содержания для промежуточного материала.

Дополнительная информация о минерализованных 'запасах':

- S - тоннаж промежуточного материала на складе;
- gs' - среднее содержание для промежуточного материала.

Параметр g – по существу является прогнозом самого низкого содержания, которое можно экономически переработать в условиях, которые будут преобладать, когда материал будет отгружен со склада. Оценка может быть получена, предполагая, что завод будет ограничивать пропускную способность, и что рудник будет приближаться к истощению запасов. При этих условиях, значения СЦ будут маленькими, и самый низкое экономическое содержание будет БС, определяемым формулой

$$gs = (h + s + f/H)/ys (p - k),$$

где все параметры принимают значения, которые были предсказаны для рассматриваемого периода. Величина s появляется в формуле, потому что весь материал, взятый со склада, подается на завод как руда, и поэтому затраты на его извлечение – это неотъемлемая часть себестоимости переработки руды.

Поскольку складированный материал, вероятнее всего, будет хорошо выглядеть в будущем, значения прогнозных параметров должны будут соответствовать устойчивым долгосрочным тенденциям. В противном случае выбор времени разгрузки склада является критическим, выбор такого времени может быть сделан с учетом полной политики БС, вычисленной без рассмотрения влияния склада. Исследование изменений содержаний за эти годы покажет, в какой период складированный материал может быть добавлен в рудопоток с наибольшим эффектом. Оно покажет также самые низкие содержания,

которые можно экономично переработать и, следовательно, определит альтернативную оценку gs .

Как только будет установлена величина gs , то алгоритм для моделирования накопления руды на складе в процессе вычисления политики БС будет достаточно простым. После того, как определено каждое БС (g) в последовательности, составляющей политику, минерализованный материал с содержанием между gs и g добавляется на склад, увеличивая его тоннаж и изменяя среднее содержание.

Алгоритм для разгрузки склада не такой легкий; хотя принцип разгрузки склада всякий раз, когда она увеличивает поток наличности в течение данного года, является правильным, но определение количества руды, которое максимизирует поток наличности в течение этого года, не настолько просто. Разгрузка склада отвлекает на себя часть доступной производительности переработки, а это, в свою очередь, влияет на БС рудника.

Предположим, что количество материала, изъятые из склада - qs . Тогда вклад в ежегодный поток наличности, являющийся результатом переработки этого материала Cs будет

$$Cs = \{(p - k)ysgs' - s - h\}qs$$

Время, потраченное, чтобы переработать этот материал, зависит от того, какой из компонентов горной системы используется дольше всех в процессе переработки. Если это время - ts , тогда

$$ts = \max \{qs/M, qs/H, ysgsq/K\}$$

В период $1 - ts$, т.е. в оставшееся время года будет перерабатываться руда, добываемая рудником. Если количество потребляемого минерального ресурса - qm , то вклад в поток наличности из этого источника Cm , оценивается уравнением

$$Cm = [\{(p - k)yg - h\}x - m]qm,$$

а полный поток наличности C , в течение года - $C = Cs + Cm - f$

Формула для Cm требует значений оптимального БС, который должен быть применен к этой части обрабатываемого материала. Все результаты предыдущих разделов остаются действительны, но должны быть подобраны нужные параметры, чтобы соответствовать году отработки. Фиксированные временные затраты должны быть распределены пропорционально времени $1 - ts$, а мощности должны быть уменьшены на количества соответствующие материалу со склада. Они будут равны

$$M - qs, H - qs, K - ysgsq$$

для рудника, ОФ и рынка соответственно.

Таким образом, оптимальное БС (g) для части отработанного материала равно

$$\text{Max}g \{ \min (vm, vh, vk) \}$$

где $v = (p - k)yg'x - hx - (f + F)(1 - ts)\tau$

а vm, vh, vk соответствует $\tau = 1/(M - qs), 1/(H - qs), 1/(K - ysgsq)$ соответственно

Хотя эти формулы были получены отдельно для материала со склада для части года и отработываемой руды для остатка года, практически этот материал будет смешан.

Вышеприведенное сложное математическое выражение для случая использования складов можно существенно упростить на практике. Материал склада почти всегда использует относительно больше мощности завода, чем руда из массива (а также и возможности рынка), потому что он весь является рудой и имеет низкое содержание.

Поэтому, эффект поставки материала со склада состоит в том, чтобы уменьшить относительную мощность завода, которая доступна для руды из забоя. Когда к рудопотоку добавляется больше материала со склада, то этот эффект становится более отчетливым до тех пор, пока завод не становится ограничивающим компонентом для добытой руды и для промежуточной руды со склада. Кроме этой стадии, материал склада не имеет никакого влияния на вычисление оптимальных БС для добываемого материала, и, таким образом, остающаяся часть мощности должна быть полностью поглощена добытой или

промежуточной рудой; больше не может быть возможности для того, чтобы использовать эту мощность, поставляя руду частично из одного источника и частично из другого.

Так как в последние годы жизни большинства рудников компонент завода уже ограничен и без подачи материала со склада, то используется стратегия взятия 100% руды со склада или 100 % руды из забоя, в зависимости от того, какой вариант производит больший поток наличности.

Другое предположение, которое может устранить ненужные вычисления, состоит в том, что эквивалентное содержание в промежуточной руде должно превышать БС для добываемой руды, т.к. это является условием поставки материала со склада на ОФ; было бы странным отклонить материал из рудника и использовать худший материал со склада. Эквивалентное содержание g_c является тем, которое приводит к той же самой граничной величине на заводе, то есть.

$$(p - k)y_{gc} = (p - k)y_{sgs} - s$$
$$g_c = \{(p - k)y_{sgs} - s\} / (p - k)y$$

Только, когда БС для добытой руды снижается ниже g_c проверяются возможности склада в питании завода, а детальные расчеты необходимы только тогда, когда компонент переработки не является ограничивающим фактором.

На практике в случае, когда существенное количество руды идет на ОФ со склада, наиболее подходящий алгоритм расчетов использует варианты увеличения поставок руды со склада шагами в 5 или 10 % от мощности завода, и затем выбирается максимум. Не все шаги обязательно должны быть рассчитаны, потому что никакого изменения в промежуточных шагах не произойдет там, где мощность переработки ограничивает поставку руды и со склада, и из забоя.

4.14. Планирование развития горного предприятия

Успешно работающие рудники имеют тенденцию находиться под постоянным прессом расширения производства. Для этого есть несколько причин. Во-первых, производство вообще может увеличиваться только при достижении предельных расходов, когда многие из имеющихся средств производства уже будут требовать замены, обновления или будут близки к этому. Например, подъездные пути, здания, инженерные сети, офисы, склады и т.д. должны иметься в наличии, чтобы обслуживать существующие горные операции.

Любое увеличение мощности будет увеличивать потребность в этих средствах производства, но удовлетворение этого спроса не будет влечь за собой расходы, сопоставимые с развитием нового производства.

Во вторых, риск здесь гораздо меньше, чем при открытии нового рудника. Затраты времени меньше, особенности минерализованного тела лучше поняты, и процесс переработки известен.

В-третьих, по сравнению с другими отраслями промышленности рынок здесь редко является самой важной проблемой. Это наблюдение не должно рассматриваться, как утверждение, что рынки - не проблема для горной промышленности, а скорее наоборот. Однако, структура многих рынков с международными обменами, почти всегда обеспечивает определенный резерв для дополнительного производства. Конечно, дисбаланс между спросом и предложением в международном масштабе может иметь губительные последствия на цены, но небольшое расширение на одном руднике обычно не имеет существенного значения для рынка.

Поэтому схемы расширения рудников часто предлагаются и оцениваются. Рудник обычно состоит из нескольких составляющих стадий, и варианты расширения можно рассмотреть для любого компонента. Изменение характеристики любого компонента обычно будет затрагивать БС, потому что оно вызывает изменения в пропускной

способности и затратах; таким образом любое рассмотрение вариантов расширения производства обязательно влечет за собой переоценку политики БС.

Обычно, предложения связаны с расширением возможности транспорта руды и мощностей по ее переработке: шахтного ствола, дробилки, стадии обогащения, штабелей кучного выщелачивания и т.п.. Эти компоненты почти всегда работают с полной нагрузкой и являются, таким образом, первыми кандидатами на расширение; однако, оправдание этому очень часто делается на том основании, что дополнительная мощность позволит перерабатывать материал с более низким содержанием, который в настоящее время складывается или оставляется под землей.

Например, рассмотрим карьер, разрабатывающий золоторудное месторождение с низким содержанием металла, который в настоящее время работает с БС 1.20 г/тонну, производительностью 3 миллиона тонн руды и 2 миллиона тонн вскрыши в год. Если половина этих пород имеет содержание между 0.60 и 1.20 г/тонн, то их можно было бы также рассмотреть как руду, если бы мощность завода была расширена, скажем, до 4 миллионов тонн/год. Цифры могли бы быть следующими

Дополнительный доход (извлечение - 85 %, цена - \$10.0/г или 311 \$/унция) = 1 миллион $\times$ 0.9 $\times$ 0.85 $\times$ \$10.0 = \$7.65 млн/год

Дополнительные затраты (измельчение - \$4.5/т) = 1 миллион $\times$ \$4.5 = \$4.50 млн/год

Увеличение потока наличности = \$3.15 млн/год

Инвестиции будут привлекательны, если объем капиталовложений не превысит 12 миллионов \$.

Логика оценок этого вида безупречна. Например, если существующее среднее содержание – 2.1 г/т, тогда

Существующий доход (извлечение - 85 %, цена - \$10.0/г или 311 \$/унция) = 3 миллиона $\times$ 2.1 $\times$ 0.85 $\times$ 10.0 = \$53.55 млн/год

Если бы все производство было бы увеличено на одну треть, включая мощность добычи, то БС остался бы неизменным, и дополнительные 1.67 миллионов тонн материала должны были быть добыты, чтобы получить дополнительно 1 миллион тонн руды.

Соответствующие цифры:

Дополнительный доход = \$53.55 $\times$ 1/3 = \$17.85 млн/год

Дополнительные затраты (измельчение - \$4.5/т, добыча - \$1.0/т) = 1 миллион $\times$ \$4.5 + 1.67 миллион $\times$ \$1.0 = \$6.17 млн/год

Увеличение потока наличности = \$11.68 млн/год

Конечно, жизнь рудника будет сокращена на 25 % и, поэтому, анализ неполон, но это - альтернативная схема расширения, которая также должна быть достоверно оценена.

Правильная форма оценки не должна делать вообще никаких предположений о БС, а только определить схему расширения в терминах изменений мощностей и оценить связанные с этим затраты капитала. Затем должна быть вычислена оптимальная политика БС для новых мощностей, вместе с соответствующей СЦ. Параметр NPV является мерой эффективности инвестиций.

Обычно должны быть исследованы несколько альтернативных схем расширения, а результаты подвергнуты анализу чувствительности относительно главных входных параметров, типа цен и оценок содержаний.

Таблица 4.2.

Показатели	Базовый случай		Альтернативные схемы расширения	
Производительность добычи (Млн т/год)	5.0	5.0	5.8	6.7
Производительность переработки (Млн т/год)	3.0	4.0	4.0	4.0

Капитальные затраты (\$ млн)	—	11.0	13.0	18.0
Прирост СЦ (\$ млн)	—	13.7	21.3	32.5
Прирост NPV (\$ млн)	—	2.7	7.7	14.5
БС (г/т)	1.2	0.6	0.9	1.2

В таблице 4.2 показаны возможные варианты для случая, указанного выше; цифры показывают, что, хотя базовое предложение обещало адекватное возвращение на капитал, но другие возможности лучше. Конечно, случай был выбран только для иллюстрации, но описанная ситуация совсем не редка.

Использование показателя NPV поднимает интерес к еще большему увеличению мощности и, возможно, к еще лучшим возвращением. Это – обычная ситуация. Увеличения масштаба производства почти всегда приводят к более высоким возвращением, но, в конечном счете, подходящий вариант расширения должен быть выбран на основе какого-то другого критерия, типа ограничения на выпуск продукции или финансового ограничения. Это обсуждается далее в разделе 4.15.

4.15. Проектирование новых рудников

Этот раздел посвящен концептуальной фазе планирования нового горного предприятия. Она является, вероятно, самой важной, потому что применение теории БС в процессе раннего планирования может иметь больше воздействия на экономику проекта чем в любое другое время в жизни рудника. Именно на этой фазе решаются главные элементы стратегии эксплуатации; высшая точка достигается при подготовке заключительного технико-экономического обоснования, которое обеспечивает основу для детального технического проекта.

Главные элементы, определяемые на этой стадии: метод горных работ, горные планы, масштаб операции и политика БС. Метод горных работ определяет логику вскрытия и добычи руды из минерализованного тела. Горные планы определяют последовательность добычи и обосновывают место начала отработки (вскрытия), и как она будет прогрессировать через минерализованное тело в течение жизни рудника. Масштаб операции определяется мощностями трех основных компонентов — рудника, завода и рынка. Политика БС решает, какие части минерализованного тела должны быть классифицированы и использованы, как руда.

Эти элементы в совокупности определяют полную экономику будущего предприятия, поэтому фаза концептуального планирования – это самая критическая фаза каждого нового горного проекта. Жизненно важно, чтобы этот анализ был основан на хорошей инженерной разработке и на реальных экономических принципах. Различия между различными эксплуатационными стратегиями могут быть очень большими, а возможность изменить стратегию после начала строительства обычно весьма ограничена.

Первое требование – качественное описание минерализованного тела. Эта тема была уже обсуждена в разделе 4.9, но некоторые дальнейшие рекомендации особенно полезны, когда статистические данные не подтверждаются в процессе работы. Информации о содержании и тоннаже обычно происходит от данных бурения и опробования, иногда дополняемых проходкой подземных выработок. Общие закономерности изменения содержаний необходимы для целей горного планирования, а статистическая структура изменений содержаний необходима для того, чтобы предсказать эффекты от соблюдения политики БС. Использование единственной модели не всегда хорошо подходит для обеих целей. Блочные модели покажут тренды содержаний, но простое суммирование блоков в различных категориях содержаний не обеспечивает действительное средство для того, чтобы оценить эффекты политики БС. Причина заключается в том, что методы для обнаружения трендов содержаний основаны в определенной степени на скользящих

средних и на расчете средних уровней содержаний в различных областях минерализованного тела. Индивидуальные (минимальные, выборочные) горные единицы будут иметь содержания, которые иногда существенно отличаются от этих средних уровней, и оценка этих отклонений необходима для исследований БС.

Например, предсказанные содержания в определенной области оловорудного месторождения могут измениться от 0.15 % до 0.20 % Sn. Если это интерпретируется так, что, при БС, скажем, 0.12 % Sn вся эта область будет рудой, то такая интерпретация почти наверняка будет вводить в заблуждение. Каждая добытая единица отличается от среднего значения на величину, которая определяется практикой и может быть очень большой, возможно, от 0.0% до 0.50%Sn так, что существенная пропорция руды в рассматриваемой области (возможно 25 %) окажется пустой породой.

Как лучше всего построить анализ извлекаемых запасов, чтобы согласовать эти факторы, остается мучительным вопросом. Дисперсии оценки, полученные геостатистическими исследованиями, дают средство для того, чтобы вычислить диапазоны возможных изменений содержаний, но их использование для расчета БС очень затруднено и почти не выполнимо. Дизъюнктивный кригинг позволяет рассчитать пропорцию тоннажа и среднее содержание для запасов оцениваемого блока выше указанного БС, но метод еще широко не понят, а вычисления сложны. Много других методов были также разработаны за эти годы, но все они могут использоваться лишь при специфических обстоятельствах.

Если в пределах минерализованного тела может быть идентифицировано ограниченное число сравнительно гомогенных зон, и кривые «содержание/тоннаж» получены некоторыми средствами для каждой зоны, то это создает удобное основание для исследования БС. Независимо от того, какой метод используется, эта информация является основой для учета погрешностей измерений содержаний для целей контроля качества.

Два дальнейших наблюдения особенно важны для концептуального планирования. Во-первых, оценки должны быть основаны на значащих принципах даже, если эти методы сыры: другими словами, лучше быть приблизительно правым, чем сделать что-то точно неправильно. Во-вторых, варианты планирования должны быть сохранены открытыми. Иногда, например, принимаются преждевременные решения о БС, чтобы уменьшить сложности в обработке данных. Это - ошибка, потому что решения о БС не могут быть приняты до полного понимания их экономических последствий.

На основе модели геометрии изменений содержаний должен быть определен метод добычи, а также предварительный горный план или ряд альтернативных планов. Часто бывает не ясна лучшая последовательность развития горных работ в минерализованном теле; старт в самой богатой области минерализации может быстро привести к маркетинговым проблемам, или богатая область может быть ограничена низкими содержаниями, которые вызовут в будущем временные трудности производства.

Полные оценки проекта могут быть необходимыми на этой стадии, чтобы разрешить проблемы этого типа. С этой целью должны быть приняты предварительные значения для масштаба операции и связанных с ним затрат. С учетом их, может быть вычислена соответствующая оптимальная политика БС. Должен быть исследован весь возможный диапазон исходных параметров. Может быть создан один общий предварительный горный план, который затем уточняется по мере появления других достоверных факторов. На практике такая рециркуляция типична для концептуального планирования, это интерактивный процесс, который повторяется до тех пор, пока даже незначительные усовершенствования могут быть достигнуты.

Следующая стадия цикла должна установить ряд параметров масштаба производства и рассчитать проектные оценки для капитальных и производственных затрат. Должен быть использован диапазон возможных значений, чтобы исследовать эффект изменения размера производства. Затем могут быть вычислены оптимальная политика БС,

максимальные СЦ и NPV. Они укажут, на чем должно быть сконцентрировано внимание в следующем цикле.

Важность используемой в этом процессе теории БС состоит в том, что она позволяет быстрые вычисления оптимальной политики максимизации СЦ для любой комбинации мощностей и любого набора предположений о будущих экономических условиях. Последнее особенно важно, потому что лучший план должен быть относительно нечувствительным к вероятным экономическим событиям.

4.16. Месторождения с двумя полезными ископаемыми

Минерализованные тела, содержащие больше чем один минерал, обычно имеют дело с преобразованием всех полезных ископаемых к их эквивалентам в терминах одного основного минерала и последующим их суммированием. Например, свинец и цинк часто залегают вместе; предполагая, что цинк имеет двойную ценность свинца, содержание свинца может быть разделено на два и добавлено к содержанию цинка, чтобы получить полное эквивалентное содержание цинка. Затем можно провести любой анализ точно также, как будто минерализация состоит только из единственного минерала.

Если полезные ископаемые имеют довольно устойчивые относительные ценности, эта процедура полностью оправдана, и она упрощает анализ. Если относительные ценности колеблются, процедура может все еще быть действительной, но эквивалентные содержания должны быть повторно вычислены всякий раз, когда соотношение цен металлов существенно меняется. Если одно из полезных ископаемых по какой-нибудь причине имеет ограниченный рынок, то процедура больше не действительна, и с этими полезными ископаемыми нужно обращаться по иному.

Этот раздел описывает анализ для двух полезных ископаемых. В данном случае, распределения содержаний все еще существуют, но теперь они двухмерные. Вместо кривой, распределение является поверхностью и может быть представлено рядом контуров как представлено на рисунке 4.18.

БС - это граница между рудой и породой, и поэтому оно - линия на этой диаграмме. Теоретически можно рассмотреть любой вид линии, но здесь исследованы только прямые линии. Самый простой способ определить БС прямой линией - посредством точек ее пересечения y_1 и y_2 , на осях содержаний. Величина y - фактически является БС для минерала 1 при отсутствии минерала 2, и y_2 - БС для минерала 2 при отсутствии минерала 1. Проблема определения оптимальной политики БС для двух минералов - поэтому является проблемой определения последовательности пар значений для точек пересечения БС y_1 и y_2 , которые максимизируют СЦ операции.

Происхождение формул для двух полезных ископаемых аналогично происхождению формул для единственного минерала, рассмотренному в разделе 4.5. Детали не будут повторяться, а только аргументы. Обозначения те же, что и прежде, но добавлены суффиксы 1 и 2 там, где необходимо, чтобы различать полезные ископаемые.

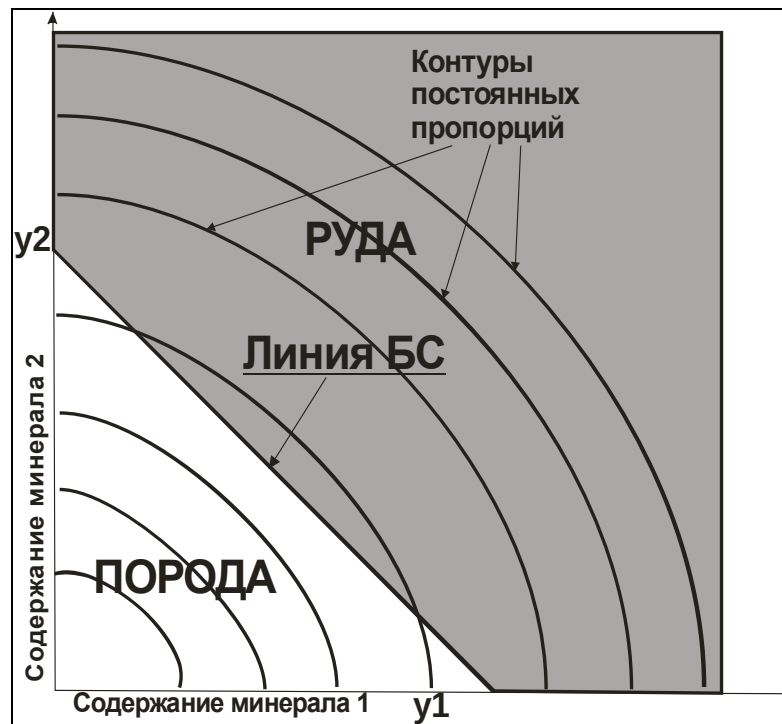


Рисунок 4.18. Двухмерное распределение содержаний двух минералов

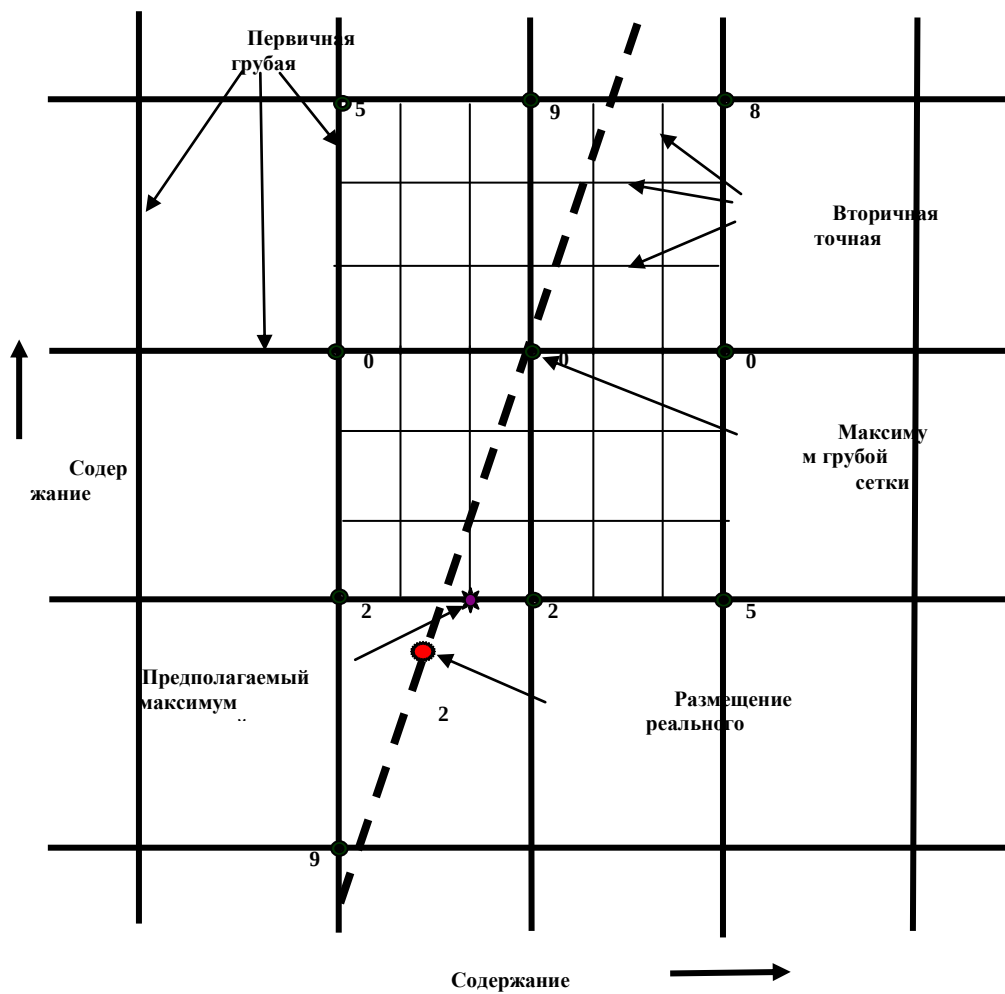


Рисунок 4.19. Иллюстрация сетки поиска с максимальной внешней сеткой

Вклад в чистый поток наличности для каждой следующей единицы добытого материала

$$x[g_1'y_1(p_1-k_1) + g_2'y_2(p_2-k_2)] - xh - m - f\tau$$

где g_1' и g_2' средние содержания минералов 1 и 2.

Однако, здесь максимизируется параметр СЦ, а не поток наличности, и, как было заявлено ранее, приращение СЦ определяется с помощью известного выражения, но фиксированные (временные) затраты должны быть покрыты за счет полных альтернативных издержек, F . Таким образом

$$v = x[g_1'y_1(p_1-k_1) + g_2'y_2(p_2-k_2)-h] - m - (f+F)\tau$$

Это - основная формула, и все оптимумы БС могут быть получены из нее.

Время τ , потраченное, чтобы обработать следующую единицу материала, связано с ограничением мощности. Четыре случая возникают в зависимости от того, какая из этих четырех мощностей — рудник, завод, рынок (минерал 1) или рынок (минерал 2) — фактически ограничивает пропускную способность.

Случай 1 Рудник, $\tau = 1/M$

$$vm = x[g_1'y_1(p_1-k_1) + g_2'y_2(p_2-k_2)-h] - m - (f+F)/M$$

Случай 2 Завод, $\tau = x/H$

$$vh = x[g_1'y_1(p_1-k_1) + g_2'y_2(p_2-k_2) - \{h + (f+F)/H\}] - m$$

Случай 3 Рынок 1, $\tau = x g_1'y_1/K_1$

$$vk_1 = x[g_1'y_1(p_1-k_1 - \{f+F\}/K_1) + g_2'y_2(p_2-k_2)-h] - m$$

Случай 4 Рынок 2, $\tau = x g_2'y_2/K_2$

$$vk_2 = x[g_1'y_1(p_1-k_1) + g_2'y_2(p_2-k_2 - \{f+F\}/K_2)-h] - m$$

Для любой пары величин y_1, y_2 возможно вычислить соответствующие x, g_1 и g_2 из связанных с ними двухмерных распределений содержаний и затем рассчитать vm, vh, vk_1 и vk_2 . Контрольное значение - всегда то, которое соответствует наименьшему из этих четырех и, поэтому оно - приращение СЦ, полученное из линий БС γ_1, γ_2 . Это — именно та цифра, которая должна максимизироваться. Таким образом, максимизация производится относительно γ_1, γ_2 .

$$v(\max) = \text{Max} \{ \text{Min}(vm, vh, vk_1 \text{ и } vk_2) \}$$

Если только одна возможность является доминирующей, ограничивающая экономическая максимизация может быть выполнена аналитически. Например, граничная тонна в примере 1 внесет свой вклад в приращение СЦ только, если она будет подсчитана как руда.

$$g_1y_1(p_1-k_1) + g_2y_2(p_2-k_2)-h$$

является положительной там, где g_1 и g_2 — содержания граничной тонны.

Следовательно, сбалансированное положение определяется уравнением

$$g_1y_1(p_1-k_1) + g_2y_2(p_2-k_2)=h$$

Оно может принять форму

$$g_1/\gamma_1 + g_2/\gamma_2 = 1,$$

где

$$\gamma_1 = h/y_1(p_1-k_1) \text{ и } \gamma_2 = h/y_2(p_2-k_2)$$

Точные параллельные аргументы - для других предоставлений

	γ_1	γ_2
Рудник	$h/y_1(p_1-k_1)$	$h/y_2(p_2-k_2)$
Завод	$[h + (f+F)/H]/y_1(p_1-k_1)$	$[h + (f+F)/H]/y_2(p_2-k_2)$
Рынок 1	$h/y_1[p_1-k_1-(f+F)/K_1]$	$h/y_2(p_2-k_2)$
Рынок 2	$h/y_1(p_1-k_1)$	$h/y_2[p_2-k_2-(f+F)/K_2]$

Эти формулы полезны, когда единственный процесс является ограничивающим; однако, когда максимум находится в балансирующей точке, где больше чем один процесс ограничивает пропускную способность, то нет никакого удовлетворительного аналитического метода для этого случая. Геометрическая проблема в том, что это - одна из четырех пересекающихся поверхностей, формирующих выпуклости. Пики сравнительно легко формируются, а хребты и долины, где они пересекаются, более трудны. Поэтому максимум лучше всего определяется процессом поиска. Использование метода поиска с использованием сетки, упомянутой в Главе 4.11, для двумерного случая было найдено весьма эффективным.

Методология в двумерных случаях состоит из покрытия области поиска прямоугольной сеткой, вычисления значений функции, которая максимизируется во всех точках сетки, и затем - поиска максимума среди этих точек. Все большая точность достигается затем окружением максимума более подходящей прямоугольной сеткой меньших размеров и повторением процедуры.

На практике удобно использовать первичную сетку 9 x 9 ячеек или 100 точек сетки. Максимум затем будет окружен более плотной сеткой с 6x6 ячейками или 49 точками, которая покрывает четыре оригинальных ячейки, окружающие точку максимума. Затем этот шаг повторяется с новым максимумом. Это дает точность близкую к 1 % и вовлекает в расчеты в общей сложности приблизительно 200 значений точек сетки.

Одна мера предосторожности может оказаться необходимой. Если максимум случается на границе вторичной сетки, то сетка сдвигается к новой точке без изменения в масштабе. Это гарантирует, что максимум все еще существует, даже когда он находится на крутом хребте, расположенном между точками сетки. При этих обстоятельствах, возможно, что он находится вне сетки на расстоянии большем, чем размеры одной ячейки. Перемещение сетки и несколько шагов, возможно, являются способом вернуть максимум обратно. Это положение иллюстрировано на фигуре 4.19.

Когда ни один из рынков не ограничен, то формула для БС имеет форму

$$g_1y_1(p_1-k_1) + g_2y_2(p_2-k_2) = \text{constant}$$

Два термина в выражении представляют 'значения' для двух полезных ископаемых, содержащихся в единице материала. Поэтому, линия БС – является эффективно объединенным БС. Действительно, как было упомянуто во введении, это - практично и обычно приводит к альтернативе использования возможности работать с единственными содержаниями (или эквивалентными содержаниями), уменьшая таким образом анализ до одного измерения.

Когда один рынок ограничен, то дополнительное количество этого минерала не может быть продано, и поэтому идея относительно величин, основанных на цене больше не действительна. Это лишает законной силы одномерный объединенный анализ. Это также лишает законной силы многие исследования затрат и извлечения, которые предпринимаются на руднике.

В действительности, двухмерные анализы назначают 'значения' для этих двух полезных ископаемых (как отражено в параметрах γ_1 , γ_2), которые поэтому имеют различные отношения друг к другу. Линия БС отклонена от ее положения при свободном рынке так, чтобы в руде было относительно больше неограниченного минерала. Степень, с которой это происходит, зависит от серьезности ограничения рынка.

4.17. Другие экономические модели

Как объяснено в главе 4.4, экономические модели процессов добычи обычно должны быть специально построены для каждой операции, но формы обычно сохраняют особенности, которые были проиллюстрированы в отношении основной формулы 4.2. Следовательно, в большинстве случаев происхождение оптимальных БС идет от этого

описанного основного случая, но иногда можно столкнуться с большой сложностью. Это положение иллюстрировано в данной главе, которая исследует три наиболее часто используемые другие модели. Одна включает оценку net of tax, вторая включает переменное извлечение на заводе, и третья - эффекты от изменения извлечения и пропускной способности одновременно. Третья модель требует использования более сложных расчетов для того, чтобы определить оптимум, но с другой стороны она тоже исходит из той же самой теории БС.

Оценки Net of tax (учет за вычетом налогов)

Налогообложение может быть очень сложным, и некоторые формы налогов действительно, строго говоря, лишают законной силы предположения, лежащие в основе анализа БС. Например, если потери и обесценивание могут быть существенными, тогда утверждение в Главе 3, что максимальная СЦ V^* , зависит только от времени и оставшихся ресурсов

$$V^* = V^*(T, R)$$

больше не верно. Это зависит также от уровня пособий и льгот, которые со временем изменяются. Однако, практически это может оказать только незначительное влияние, и никакое осложнение не рассматривается в иллюстрации, рассматривающей южноафриканский налог на операции с золотом. Формула для этого налога

$$Y = (60 - 360/X)$$

где Y - налог, подлежащий оплате как процент от чистых потоков наличности, эксплуатационных расходов, платежей арендного договора и потраченных капиталовложений, а X - тот же самый чистый поток наличности, выраженный как процент от дохода.

Для простоты, предположите, что капиталовложения делаются только на восстановление и поддержку, поэтому они могут быть включены в фиксированные расходы f .

Тогда, используя те же самые обозначения как и прежде

$$c = (p-k)x_{yg}' - x_h - m - f\tau \quad (2)$$

и рассматривая завод как ограничивающий компонент, $\tau = x/H$, получим

$$c = (p-k)x_{yg}' - x_h - xf/H - m,$$

где c - поток наличности брутто на единицу ресурса.

Ресурсы, используемые за год - H/x , таким образом соответствующий ежегодный поток наличности брутто:

$$C = (p-k)yg'H - hH - f - mH/x.$$

Размер ежегодного дохода Z

$$Z = (p-k)yg'H$$

$$X = 100C/Z \text{ (по определению по формуле налогов)}$$

и Налог = $C \times Y/100$

$$= C\{60 - 360Z/100C\}/100$$

$$= 0.6C - 0.036Z$$

Поэтому net of tax поток наличности C' :

$$C' = C - \{0.6C - 0.036Z\}$$

$$= 0.4C + 0.036Z$$

$$= 0.436(p-k)yg'H - 0.4hH - 0.4f - 0.4mH/x$$

Выражение на единицу ресурса, используя те же условия

$$c' = 0.436(p-k)x_{yg}' - 0.4x_h - 0.4xf/H - 0.4m$$

и $v' = c' - F'\tau = c' - F'x/H$

$$= x\{0.436(p-k)yg' - 0.4h - (0.4f + F')/H\} - 0.4m$$

v' является net of tax приращением в СЦ, которая должна максимизироваться, чтобы определить оптимальный БС. Оно имеет ту же самую структуру, как выражение в Главе

4.5 и с теми же самыми аргументами, которые использовалось там; максимум происходит когда

$$0.436 (p-k) y g' = 0.4h - (0.4f+F')/H \text{ или}$$

$$g = \{0.4h + (0.4f+F')/H\}/0.436 (p-k) y$$

Это - эквивалент net of tax (южноафриканский золотой налог) ограниченного экономического БС с ограничением на мощности переработки

$$gh = \{h + (f+F)/H\} / (p-k) y$$

Коэффициент 0.436 в знаменателе формулы - следствие специфической формы южноафриканского налога. Если бы налог был 60 %, то формула будет

$$g = \{0.4h + (0.4f+F')/H\}/0.4 (p-k) y \text{ или}$$

$$g = \{h + (f+F'/0.4)/H\} / (p-k) y$$

Это идентично с предыдущей налоговой формулой за исключением того, что термин возможных затрат F' увеличен дополнением налоговой ставки ($0.4 = 1 - 0.6$).

Изменение Извлечения на Заводе

Извлечение на заводе часто зависит от содержания материала рудопотока, и связь может принимать много форм. Одна обычная форма может быть представлена формулой

$$y = Y(g' - \gamma)/g'$$

Это подразумевает фиксированный уровень потерь в хвостах γ с извлечением, которое улучшается при повышении среднего содержания рудопотока до Y . Типичные цифры для бедной медной руды могли бы быть

$$\gamma = 0.025\% \text{ и } Y = 0.90 (90\%)$$

При среднем содержании рудопотока 0.5% эта формула дает

$$\gamma = (0.5 - 0.025) \times 0.9/0.5 = 0.855 (85.5\%)$$

Заменим формулу в выражении 2

$$c = (p-k)Y(g' - \gamma) - xh - m - ft = (p-k)Yg' - x\{(p-k)Y\gamma + h\} - m - ft$$

Это - та же самая форма как выражение 2, но с различным коэффициентом; вместо h есть термин $(p-k)Y\gamma + h$. Таким образом весь прежний анализ все еще применяется, но себестоимость обработки должна быть добавлена дополнением термина $(p-k)Y\gamma$, который фактически является мерой внутренней характеристики хвостов.

Изменение Извлечения и Пропускной способности Завода

Обратимся снова к основной формуле 2 с учетом ограничения завода

$$v = (p-k)xyg' - xh - x(f+F)/H - m.$$

При максимизации этого выражения было принято, что только x и g изменяются и, что оба они просто зависят от БС. Возможны намного более сложные предположения. Максимизация тогда также будет более сложна, но все еще выполнима.

Например, часто имеет место ситуация, когда извлечение на заводе зависит от содержания в рудопотоке, которое, в свою очередь, зависит от БС.

$$y = y(g') = y(g)$$

An example of this was the subject of the previous section. In addition though, the mill may have a designed capacity of H but the feed rate may, in practice, be varied with some consequent gain or loss in recovery

Этот предмет был рассмотрен в предыдущей главе. Кроме того, хотя завод может иметь проектную мощность H , но производительность подачи руды на практике может отличаться с некоторой выгодой или потерями в извлечении

$$y = y(H)$$

Объединяя эти 2 эффекта, увидим, что

$$Y = y(g, H) \text{ и}$$

$$v = (p-k)xyg' - xh - x(f+F)/H - m$$

является функцией 2-х переменных g и H .

Выражение этого вида может максимизироваться, нахождением стационарных точек

$$\delta v / \delta g = \delta v / \delta H = 0$$

Если $\phi(z)$ - функция распределения содержаний

$$x = \int g \phi(z) dz \quad x' = \int g g' \phi(z) dz,$$

$$\text{то } \delta v / \delta g = (p-k)[xg' \delta y / \delta g - yg \phi(g)] + \phi(g) \{h + (f+F)/H\}$$

$$\text{и } \delta v / \delta H = (p-k)xg' \delta y / \delta H + x(f+F)/H^2$$

Приравнявая эти два выражения нулю и обновляя выражение, получим:

$$g = \{h + (f+F)/H\} / (p-k)y + (\delta y / \delta g)xg' / y \quad \text{и} \quad 0 = (p-k)XG \delta y / \delta H + x(f+F)/H$$

Первое из этих уравнений показывает, что БС - то же самое, что и прежде, но с добавленным членом, связанным со скоростью изменения извлечения при изменении содержания. Уравнения этого вида могут быть решены численными методами, которые эффективно выполняются на компьютерах.

4.18. Пример: Медно-молибденовый карьер

Этот рудник был открыт сравнительно недавно. Он отрабатывает минерализованное тело ограниченных размеров, лежащее близко к поверхности. Программа бурения выявила тоннаж руды приблизительно 12 миллионов т, и предварительное ТЭО показало, что большая часть руды может быть отработана. Общий тоннаж горной массы в окончательном карьере - 15 миллионов тонн.

Анализ тоннажа по меди и молибдену был выполнен методом полигонов на основании данных бурения. Результаты этого анализа были помещены в таблицу, где ресурсы разделены на классы по меди и молибдену, и для каждого класса подсчитаны запасы металлов. Величина Эквивалента Мо/Си принята равной 4/1 для расчета Cu_{eq} .

Была предложена производительность ОФ - 750 000 тонн ежегодно и полные затраты капитала для завода, включая подъездные пути, воду, энергию, канализацию, офисы и строительство были оценены в меньше чем 8 миллионов \$. Деньги были собраны в местном масштабе, и производство было поставлено на поток быстро и в пределах бюджета. Инвесторы ожидают возвращение на вложенный капитал по крайней мере 20 %. Горные работы производятся местным подрядчиком (компания гражданского строительства). Детальные долгосрочные горные планы считают ненужными, но грубый план для добычи следующего миллиона тонн составляется, чтобы правильно организовать действия подрядчика.

Для практического удобства, содержания для этого плана базируются исключительно на меди, и содержание контролируется в карьере с помощью анализов Си в пробах, взятых из шлама скважин БВР. Существующее БС - 0.3 % меди. Когда необходимо для полной оценки, молибден преобразуются в эквивалент меди в отношении 1:4. Это, как полагают, характеризует разницу цен и извлечения, а также относительно изменчивую природу рынка Мо. Пока, результаты производства были достаточно совместимы с оценками запасов.

Исходные Данные:

Производительность фабрики	750 тыс.т	(H)
Горные затраты	1.06 \$/т г.м.	(m)
Затраты на переработку	3.52 \$/т руды	(h)
Затраты на маркетинг	63 \$/т Си	(k)
Фиксированные затраты	790000 \$/год	(f)
Извлечение	82%	(y)
Прогноз цены	1700 \$/т Си	
Роялти	1.5%	
Цена без Роялти	1674.5 \$/т Си	(p)

Оценка СЦ при БС 0.3% Cu

Из оценки запасов – для БС 0.3% Cu

Доля Руды в карьере = $8175 : 14400 = 0.57$ (к-т вскрыши = $(14400-8175) / 8175 = 0.76$ т/т)

Среднее содержание = 0.83% Cu_{eq}

Поэтому ежегодный Поток Наличности (ПН), Млн \$:

$$0.75 * 0.83 * 0.82 * (1674.5 - 63) / 100 = 8.22$$

Затраты:

Горные $(0.75 * 1.06 / 0.57) = 1.4$

Переработка $(0.75 * 3.52) = 2.64$

Фиксированные затраты = 0.79

ОБЩИЕ = 4.83

Чистый ПН = 3.39

Время жизни рудника = 10.9 лет

СЦ при 20% = 14.7 Млн \$

Вычисление БС

Эта оцененная СЦ может использоваться, чтобы вычислить новое БС. Подходящая формула из Главы 4.5 - ограничивающее экономическое содержание для компонента переработки.

$$gh = \{h + (f+F)/H\} / (p-k) \cdot y \\ = \{3.52 + (0.79+2.97)/0.75\} / (1674-5.63) \times 0.82 = 0.65 \%$$

Однако, это случай параметрического измерения, потому что классы содержаний меди имеют противоречивые средние содержания Cu_{eq} в пределах каждой категории. Расчетное БС 0.65 % относится к эквиваленту меди. Интерполируя данные таблицы CS4.1, получим, что среднее содержание эквивалентной меди 0.65 % соответствует содержанию меди приблизительно 0.51 %. Для удобства, возьмем число 0.50 %.

Оценка по СЦ - 0.5 %

Снова для оцененных запасов с БС - 0.5 %

Доля руды = $5010 : 14400 = 0.35$

Среднее содержание = 1.037 % Cu_{eq}

Поэтому ежегодный поток наличности (миллион \$):

$$\text{Доход} \{0.75 \times 1.037 \times 0.82 \times (1674 - 5.63) / 100\} = 10.28$$

Затраты

Горные $(0.75 \times 1.06 / 0.35) = 2.29$

Переработка $(3.52 \times 0.75) = 2.64$

Фиксированные расходы = 0.79

Общие затраты = 5.72

Чистый поток наличности = 4.56

Время жизни рудника = 6.7 лет

Существующая ценность при 20% = 16.1 миллиона \$

Заключительное Определение БС

Полученная оценка СЦ - 16.1 миллионов долларов может быть подставлена в формулу для БС и вычисления повторены, однако, изменения будут незначительными. БС меди = 0.50 %, поэтому, являются хорошей оценкой, которая может быть получена этим методом приближений.

Фактически, оптимальная политика БС должна привести к более высокой СЦ, чем 16.1 миллиона \$. Она использует БС, которое уменьшается в течение жизни рудника.

Фиксированное БС = 0-50 % поэтому субоптимально. Однако, несоответствие между СЦ, оцененной таким образом, и фактической оптимальной СЦ редко имеет значение, когда единственная цель вычислений - определение текущего БС. Приближение является маленьким по сравнению с неопределенностью в оценке запасов и поведении рынка в будущем.

Вычисление Полной Политики БС

Поскольку оценка запасов была сделана для всего минерализованного тела, возможно в данном случае вычислить полную политику БС сокращения для жизни рудника. Принимая те же самые исходные данные в неизменных экономических условиях, получены результаты, показанные в таблице. Они были получены, используя программу OGRE.

Год	БС (% Си)	Общий Тоннаж горной массы тыс. т	Переработанный Тоннаж руды тыс. т	Чистый ПН M\$
1	0.50	2160	750	4.56
7	0.50	2160	750	4.56
3	0.49	2130	750	4.54
4	0.48	2070	750	4.49
5	0.46	2020	750	4.43
6	0.38	1680	750	3.95
7	0.30	1320	750	3.38
8	0.26	870	540	2.25

Продолжительность жизни рудника - 7.7 лет, и СЦ = 16.4 миллиона \$.

Содержания на Промежуточных Складах

Очевидная стратегия улучшения будущей экономики маленького карьера состоит в том, чтобы складировать промежуточные содержания для более поздней переработки. Чтобы упростить представление, основанием для сравнения взята стратегия работы с постоянным БС меди 0-5 %. Как было вычислено ранее, это дает СЦ 16.1 миллиона \$ в течение жизни 6.7 года. Это недалеко от оптимума 16.4 миллионов \$.

Самое низкое БС, с которым все еще делается вклад в поток наличности, рассчитывается по формуле БС, где переработка ограничивается opportunity cost , равными нулю

$$gh(\text{Мин.}) = \{3.52 + 0.79/0.75\} / (1674 - 5.63) \times 0.82 = 0.35 \%$$

Это - содержание эквивалента меди. Оно соответствует значению содержания Си, меньшему чем 0.2 %. Нижняя граница 0.2 % взята, как удобное приближение.

Из таблицы запасов, тоннаж между классами содержаний меди 0.5 % и 0.2 % - 4.965 миллионов т со средним содержанием эквивалентной меди 0.46 %. Принимая затраты на поставку руды со склада \$0.30 за тонну, полные ежегодные затраты в течение срока отработки склада - 3.66 миллионов \$. Доход от среднего содержания эквивалентной меди в рудопотоке 0.46 % - 4.58 миллионов \$, оставляя чистый поток наличности 0.92 миллионов \$ ежегодно. Жизнь рудника будет - 6.6 лет, что дает существующую ценность 3.22 миллионов \$ для периода поставки руды со склада. Это делает эту операцию выгодной.

В терминах существующей ценности, в начале работы рудника 3.22 миллиона \$ должны быть в будущем обесценены (дисконтированы) в течение жизни рудника 6.7 лет. Поэтому, существующая ценность для целой стратегии и жизни рудника - 13.3 лет равна

$$16.1 + 3.22 \times (1/1.2)^{6.7} = 17.1 \text{ миллион } \$$$

Расширение Завода для переработки Промежуточных Содержаний.

Альтернативная стратегия работе со складами - расширение завода, чтобы переработать материал с промежуточными содержаниями. Технические расчеты указывают на требуемый прирост производительности ОФ 0.5 миллионов тонн ежегодно. Связанные с этим капитальные затраты, включая расширение производства, где необходимо, оцениваются в 4.0 миллиона \$. Сроки строительства оцениваются в один год.

Принимая политику БС, как 0.5 % в течение первого года, с производительностью ОФ 750 000 тонн в год и 0.2 %Cu после того, как производительность увеличится до 1.25 миллиона тонн ежегодно, вычисления производятся тем же самым способом, как раньше, и дают время жизни рудника 7.7 лет с соответствующей существующей ценностью 19.5 миллионов \$. Однако, будет потрачено дополнительно 4.0 миллионов \$ капиталовложений. Предполагая, что эти затраты были сделаны в середине срока, их обесцененная существующая ценность - 3.7 миллионов \$, что дает чистую существующую ценность для данной стратегии 15.8 миллионов \$.

Политика оптимизации БС с учетом Расширения завода

Вместо того, чтобы обеспечивать дополнительную производительность завода по переработке промежуточных содержаний, возможно и, конечно, лучше повторно рассчитать оптимальную политику БС. Результат показан ниже.

Год	БС (% Си)	Общий тоннаж горной массы тыс. т	Переработанный тоннаж руды тыс. т	Чистый ПН M\$
1	0.48	2070	750	4.49
2	0.47	3410	1250	7.96
3	0.42	3080	1250	7.52
4	0.31	2290	1250	6.32
5	0.29	2130	1250	6.01
6	0.17	1410	1000	4.14

Существующая ценность 20.5 миллионов \$

Снова капиталовложение с существующей ценностью 3.7 миллионов \$ будут понесены, таким образом СЦ этой стратегии с жизнью 5.8 лет - 16.8 миллионов \$.

Заключение

Другие стратегии также могли быть исследованы. Следующая очевидная стратегия - это расширение завода с использованием складов. Однако, цель этого исследования состоит в том, чтобы проиллюстрировать фундаментальную важность политики БС и принципов, используемых в анализе. Различные стратегии, использованные для этого примера дали срок жизни рудника в пределах 5.8 -13.3 лет и чистую СЦ в пределах 14.7 - 17.1 миллионов \$.

4.19. Оптимизация БС в горном плане при изменении цен на металл

В главе рассматриваются результаты оптимизации стратегии БС на одном из латиноамериканских подземных золотых рудников, когда цена золота на мировом рынке продолжала падать [2]. Шаги, которые были предприняты, чтобы улучшить долгосрочное экономическое будущее рудника, включали развитие стратегии уменьшения борта. Главная цель этой стратегии состоит в том, чтобы увеличить NPV. Объединение возможностей элемента затрат в вычислениях борта привело к более высоким бортам чем,

было предварительно принято. Применение методологии уменьшающегося борта также помогло в принятии краткосрочных решений относительно изменений цены золота. Кроме того, были вычислены эксплуатационные борты и для горных, и для обогащительных ограничений, чтобы помогать в оценке различных ситуаций. И наконец, для исследования поведения БС была создана полная модель долгосрочного планирования, которая обеспечивает средства для анализа чувствительности горных параметров.

4.19.1. Оптимизация бортового содержания

На первоначальный план горных работ повлияло расположение месторождения недалеко от поверхности. Таким образом, развитие подземных работ началось с системы спиральных съездов для вскрытия, обслуживания и перевозки руды. Эта стратегия потребовала много капиталовложений на вскрытие и инфраструктуру, увеличивая, таким образом, потоки наличности в течение ранних лет производства. Однако, вскоре мелкие рудные тела у поверхности были истощены, то потребовалось углубление горных работ с неизбежным увеличением затрат на вскрытие (потребовалось строительство нового шахтного ствола), добычу руды, вентиляцию и общую инфраструктуру. В то же самое время, разведка с поверхности становилась все более трудной и дорогостоящей.

На фоне снижения цена золота все эти факторы привели к необходимости сосредоточиться на ключевых аспектах горного планирования. В частности при увеличении размера месторождения по простиранию, выбор рудных блоков для отработки имел критический эффект на объем подготовительных работ для бурения, а также для нарезных работ и последующей добычи. Эти проблемы, кроме того, дополнялись большой пропорцией *inferred* (недоразведанных) ресурсов в шахте и требовали срочного решения.

Было понятно, что ключевой элемент, влияющий на многие проблемы шахты - бортовое содержание (БС). Другая проблема была связана с ужесточением контроля за разубоживанием руды. Это, в свою очередь, привело к некоторым дополнительным результатам при изучении БС, проанализированным относительно влияния разубоживания руды.

Самые существенные принципы этого проекта исследования БС были:

- (i) Принятие максимума NPV как основного критерия в оптимизации политики БС;
- (ii) использование возможных альтернативных затрат (*opportunity cost*) в вычислении БС ;
- (iii) рассмотрение стратегии уменьшающегося БС как части горного плана на весь срок отработки; и
- (iv) гарантия, что все БС были использованы и проверены на перспективных очистных блоках с наиболее распространенными размерами.

Схема, по которой проводился этот анализ во взаимосвязи с долгосрочным планированием рудника, схематично показан на рис. 4.22. Геологические данные тоннажа и содержания Au были подготовлены, чтобы сформировать информацию о доступных запасах.

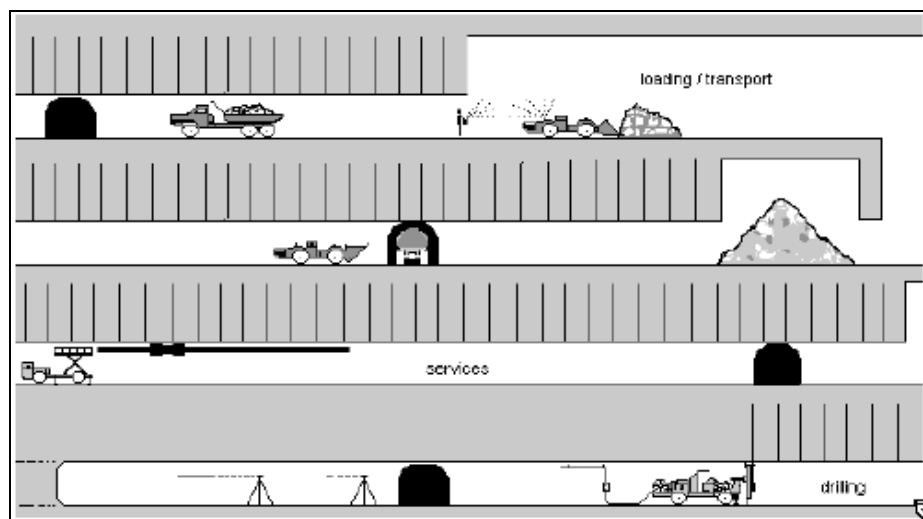


Рис. 4.22. Схема поэтажной отработки

Затем был проведен анализ БС, чтобы определить, какие части месторождения будут включены в долгосрочный горный план. Это, в свою очередь, помогло оценить объем первичных подготовительных работ. После этого на основе известных горных и экономических параметров был сделан анализ потока наличности на всю жизнь рудника.

Однако, анализ самого БС также связан с прогнозируемым потоком наличности. Единственный выход из этой ситуации "курицы-и-яйца" состоял в том, чтобы сделать какие-то начальные предположения и затем улучшать окончательную модель с помощью повторения различных этапов и применения различных параметров. Цели этого проекта состояли в том, чтобы создать горный план на всю жизнь рудника и одновременно оптимизировать стратегию БС.

4.19.2. Подготовка геологических данных. Блокировка ресурсов

Общий путь, которым данные о ресурсах были обработаны в этом проекте, показан на рис. 4.23. Начальная часть - моделирование геологических ресурсов. Все оконтуренные *measured* и *indicated* ресурсы рудника были смоделированы системой Вулкан. Минерализованные зоны были первоначально оконтурены в виде трехмерных каркасов, созданных на основе интерпретации потенциальных рудных структур на геологических сечениях с использованием композитов проб, имеющих среднее содержание больше или равно 3 г/т. Блочные Модели были созданы в пределах этих каркасов. Размеры блоков 12.5 м (по простиранию), 1 м (вкрест простирания) и 2 м (по падению). Эти блоки также были развернуты, чтобы лучше соответствовать 45-градусному падению минерализованных структур.

Для целей анализа БС важно, чтобы рудные тела были разделены на объемы приблизительно равные размерам очистных блоков. Выбор руды выше или ниже БС может тогда быть осуществлен в том же самом масштабе, который используется в течение процесса планирования. Для этого был разработан специальный Макрос. Путь, которым рудные тела были блокированы этим макросом, схематически показан на рис. 4.25.

На первом шаге надо было из трехмерной блочной модели выбрать требуемые объемы на основе схемы очистных блоков с заданными приращениями по вертикали и по простиранию.

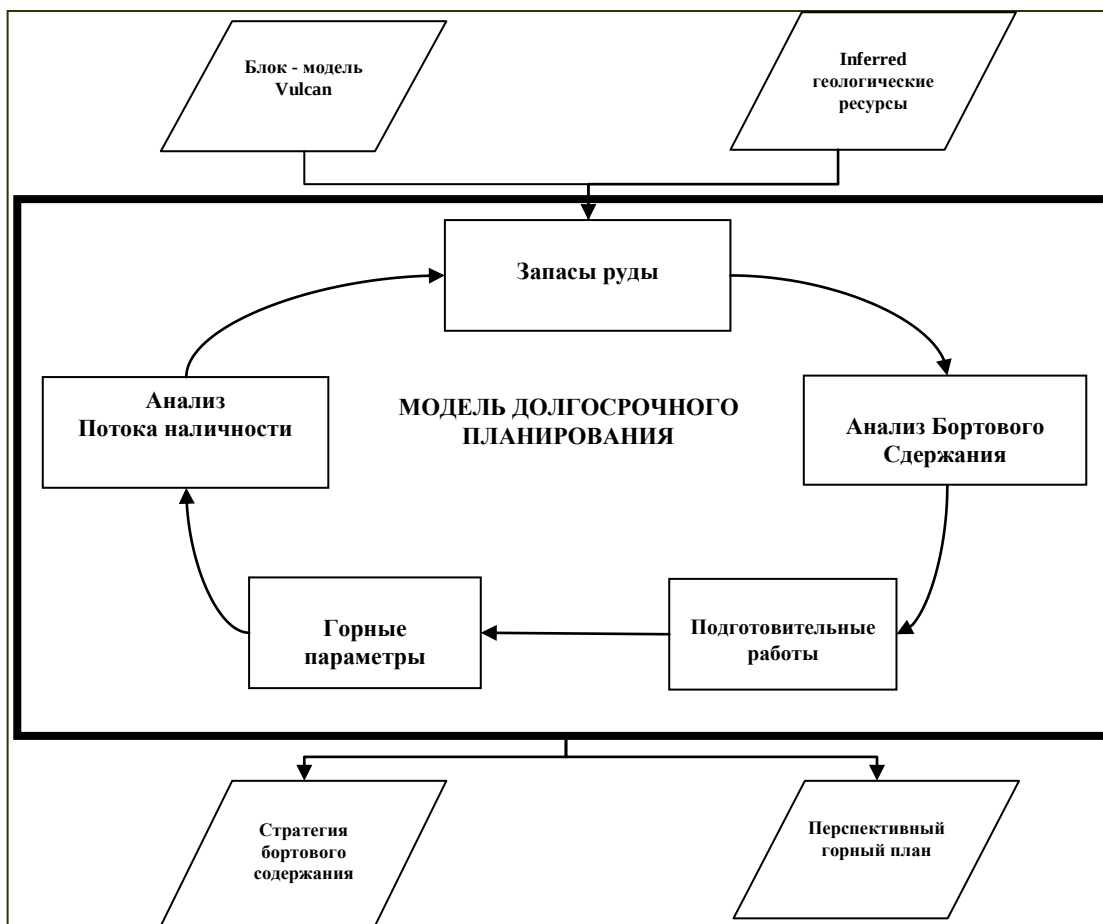


Рис. 4.23. Общая схема оптимизации БС

В пределах каждого очистного блока были рассчитаны полный объем, тоннаж, содержания металла и физические координаты границ. Макрос также делал проверку чрезмерно маленьких тоннажей очистных блоков, которые могут быть созданы в местах выклинивания каждого рудного тела. Такие очистные блоки были идентифицированы по их тоннажам, если они были ниже заданного минимума. Неправильно включать такие очистные блоки в базу данных для выбора руда/порода на основе их собственных запасов, но поскольку они могут все еще представлять заметный тоннаж, неправильно будет и исключить их совсем. Метод подъэтажной выемки (Рис. 4.22) достаточно гибок, чтобы использовать более длинные и высокие блоки, чтобы отрабатывать такие участки., Поэтому была использована специальная процедура, чтобы присоединять запасы этих маленьких очистных блоков к главному рудному телу. В анализе БС использован размер сети очистных блоков 50 м. (по простиранию), 20 м. (по вертикали) с минимальным тоннажем очистного блока 5000 т.

Макрос оценки очистных блоков, в конечном счете, определял следующие характеристики для каждого очистного блока:

ID: идентификатор каждого блока, основанный на имени родительского рудного тела
 EASTING: левая нижняя координата X блока в системе сетки очистных блоков
 ELEVATION левая нижняя координата Z блока в системе сетки очистных блоков
 XMIN: минимальная координата X блока модели в пределах очистного блока
 XMAX: максимальная координата X блока модели в пределах очистного блока
 ZMIN: минимальная координата Z блока модели в пределах очистного блока
 ZMAX: максимальная координата Z блока модели в пределах очистного блока
 TONNES: общее количество тонн в массиве очистного блока
 AU: среднее содержание в массиве очистного блока
 AREA: площадь каждого очистного блока на вертикальном разрезе по простиранию

THICK: средняя горизонтальная мощность каждого очистного блока
 CLASS: номер классификации ресурсов родительского рудного тела

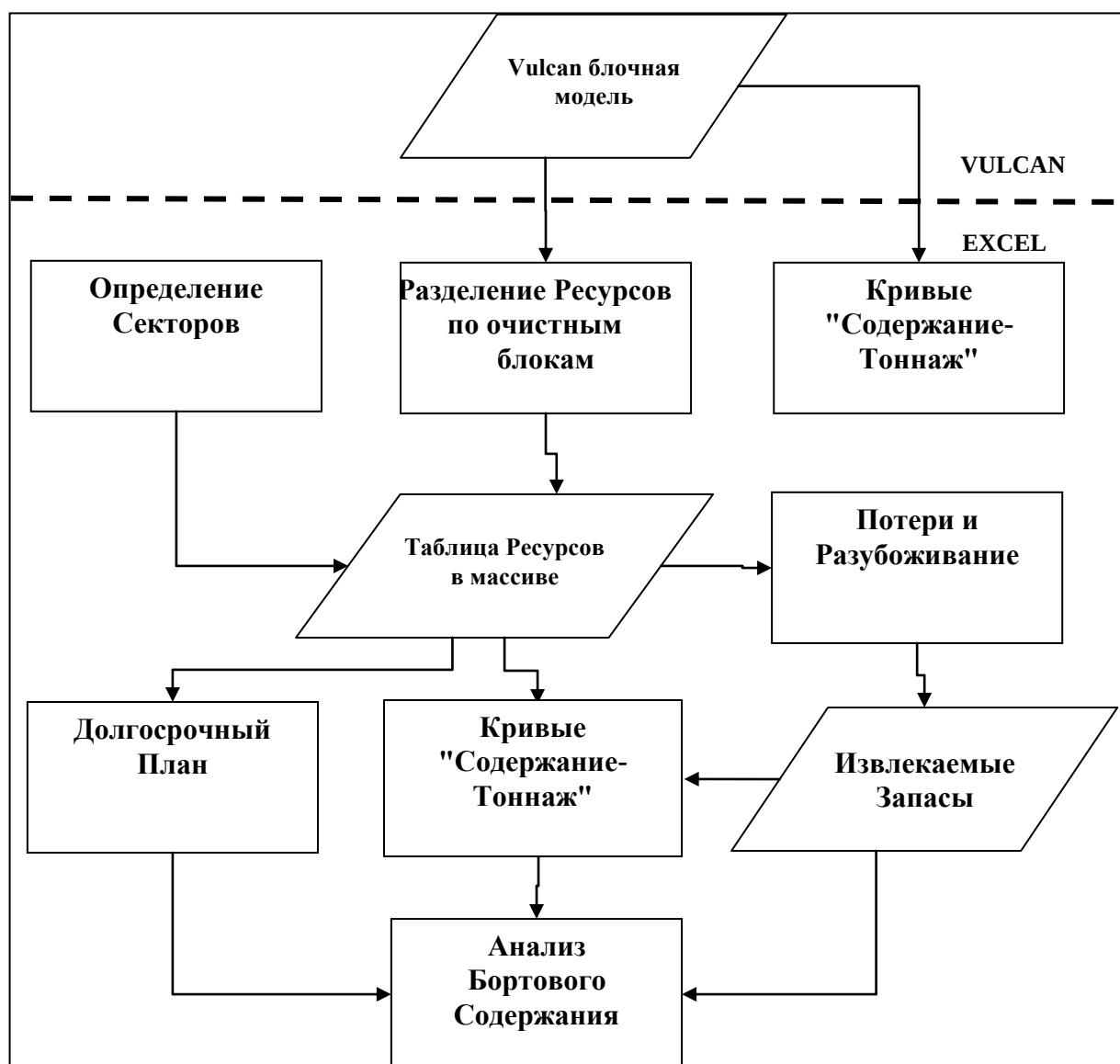


Рис. 4.24. Обработка информации о запасах руды

4.19.3. Методология анализа (оптимизации) БС

Для целей оптимизации БС важно полагать, что любая горная операция состоит из трех различных стадий, как показано в Таблице 4.5 для операции подземной добычи. Это потому, что вычисление БС зависит от того, какая специфическая стадия ограничивает операцию. Данные затрат должны быть распределены согласно логической стадии, которой они принадлежат. Первая стадия процесса связана со вскрытием; она зависит главным образом от физического размера и местоположения минерализованного материала в руднике. В подземном руднике в эту категорию входят горно-капитальные работы. В основном для доступа к минерализованным областям используются системы вскрытия спиральными съездами.

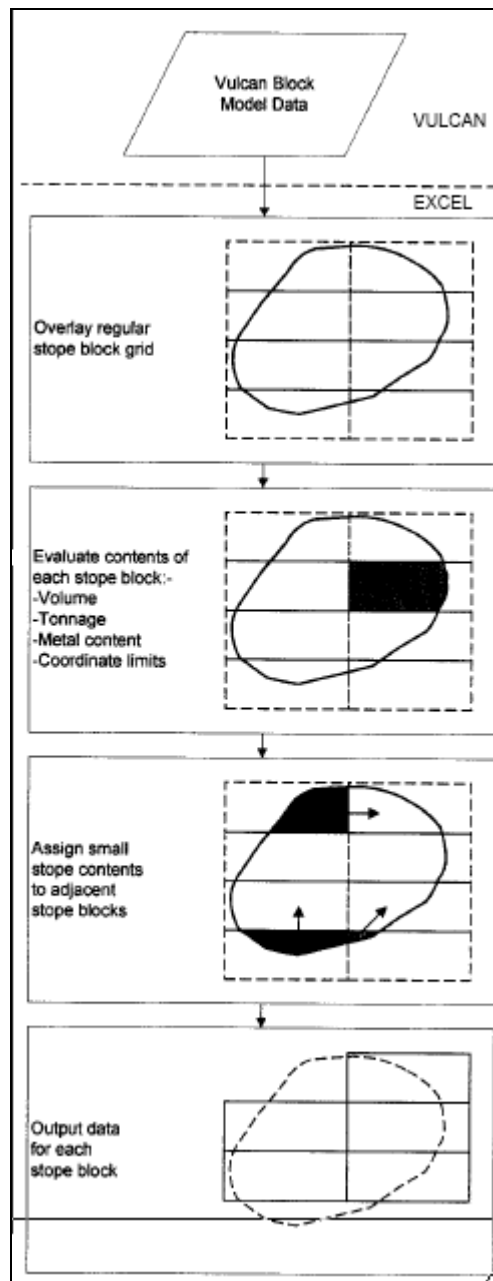


Рис. 4.25. Оценка очистных блоков. Показаны стадии: 1- нанесение регулярной сети очистных блоков на контур рудного тела. 2 – Оценка руды в каждом блоке. 3 – объединение руды маленьких блоков с большими. 4 – запись данных для каждого блока.

Таблица 4.6. Обобщение информации по очистным блокам

Ресурсы	Число рудных тел			Число очистных блоков		
	Отраб.	Не отраб.	Всего	Отраб.	Не отраб.	Всего
Measured	12	32	44	101	104	205
Indicated		19	19		172	172
Всего	12	51	63	101	276	377

Размеры (и поэтому затраты) капитального вскрытия непосредственно не связаны с количеством руды. Вторая стадия содержит все действия, связанные, прежде всего, с рудой. Она включает затраты на добычные работы, перевозку и подъем руды, а также затраты завода на переработку. Большинство подземных металлических рудников часто ограничены их производительностью по руде, которая обычно связана с возможностями завода.

Скорость и объемы капитальных работ отличаются, в зависимости от пропускной способности завода и средств подъема руды.

Третья стадия включает действия, связанные с производством металла после стадии измельчения руды. Золотые рудники почти никогда не ограничиваются этой стадией, так как обычно нет никакого ограничения на количество золота, которое может быть продано.

Данные затрат были приняты по данным компании Fazenda Brasileiro. Эти данные в формате Excel были также связаны с финансовыми моделями потока наличности. Это давало возможность применять для анализа потока наличности те же параметры, что и в определении БС. Для рудника, ограниченного производительностью ОФ, оптимальное БС определяется по уравнению

$$Gt = \frac{V + \frac{f + F}{A}}{NSR \times r} \quad (4.7)$$

Где:

V – переменные затраты на тонну руды для операций, непосредственно связанных с добычей, перевозкой и переработкой руды;

f – фиксированные (во времени) затраты за год, которые непосредственно не затрагивают количество минерализованного материала или произведенного металла;

F – возможные затраты, которые прогнозируются на следующий год в NPV;

A – производительность завода, т/год;

NSR – цена грамма золота (поскольку содержание будет в граммах в тонну), после вычитания необходимых затрат на аффинаж и маркетинг;

r – извлечение на ОФ.

Это БС, которое должно использоваться, чтобы решить, должен ли любой потенциальный очистной блок быть отработан. Значение Gt, описанное выше рассчитывается в терминах добытой руды, которая будет доставлена на завод. Чтобы вычислить эквивалентное БС, которое применяется к руде в массиве должно быть принято во внимание полное разубоживание руды. Поэтому в конце жизни рудника present value рудника будет нулевое, как и возможные затраты F. Следовательно, оптимальное БС в конце жизни рудника будет равно

$$\text{In-situ } Gt_{\text{end}} = Gt * (1 + d) \quad (4.8)$$

Где:

d – общее фактическое разубоживание, выраженное как отношение тоннажа разубоживающей породы и рудного материала, или

$$\text{Insitu } Gt_{\text{end}} = \frac{V + \frac{f}{A}}{NSR \times r} \times (1 + d) \quad (4.9)$$

4.19.4. Методология оптимизации

При нормальных условиях возможные затраты будут равны

$$F = c * PV \quad (4.10)$$

Где:

c – «затраты капитала» или процентная ставка банка (т.е. 12%) и

PV – present value рудника.

Эти возможные затраты можно представить как прибыль, которая, возможно, была бы заработана, если сумма present value шахты была бы размещена в другом месте (например, в банке). Поскольку оптимальное БС в настоящее время – это функция возможных затрат, которые обычно будут уменьшаться из года в год, то оптимальное БС также будет уменьшаться со временем. Однако, начальные возможные затраты будут сами зависеть от стратегии БС, принятой для всей жизни рудника, поскольку БС затрагивают и потоки наличности и число лет выпуска продукции.

Поэтому, чтобы определить оптимальную стратегию БС, начальные возможные затраты сначала могут быть определены для всей оцененной жизни рудника. Это дает возможность рассчитать БС и производительность рудника. После этого могут быть оценены present value (PV) рудника и запасы для очистной выемки, которые затем могут использоваться для уточненных расчетов БС. Эта процедура изображена на рис. 8. Другая важная часть этого полного процесса должна гарантировать, что промышленные данные соответствуют принятой горной технологии и параметрам подготовительных работ.

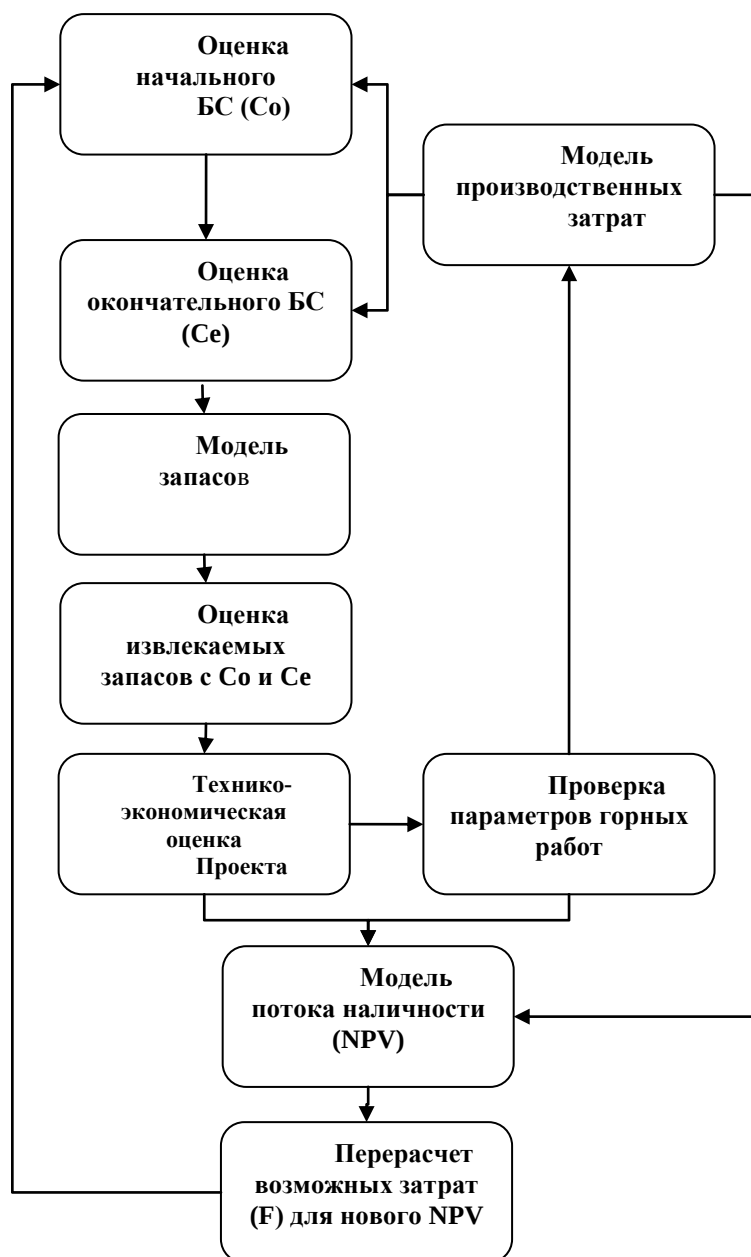


Рисунок 4.26. Анализ БС и проектирование рудника

Таблица 4.5. Главные стадии подземных работ для анализа БС

Стадия	Главный компонент	Процессы
Вскрытие	Минерализованный материал	Шахты, ГКР
Добыча и переработка руды	Руда	Добыча, транспорт руды, дробление, обогащение
Маркетинг	Металл	Металлургия, продажа

Например, должна быть достижима требуемая производительность начальных горно-капитальных работ (ГКР). В течение этого анализа БС эти различные типы данных объединяются вместе с помощью электронных таблиц так, чтобы анализ изменений мог быть сделан наиболее эффективно.

После множества итераций стратегия БС, количество запасов и соответствующие экономические параметры должны соответствовать друг другу. Обычно оптимальная стратегия БС будет иметь уменьшение БС из года в год.

Добавление возможных затрат в вычисления БС обычно будет предполагать, что в этом случае мы получим более высокие значения БС, чем без их учета. Однако, это будет приводить к самому высокому возможному (PV) рудника. Другое важное влияние на изменения БС связано с колебаниями цен, как описано ниже.

4.19.5. Эффекты изменения цен

PV, рассчитанное для рудника, обычно будет функцией цены золота, используемой для наибольшего периода жизни предприятия. Если на практике цена золота кратковременно изменяется, что считают временным явлением, то возможно определить наиболее эффективное изменение текущего БС. Например, рассмотрим эффект от снижения цены в 1999, принимая это снижение временным:

- Долгосрочная (прогнозируемая) цена золота = \$320/oz
- Цена в 1999 = \$285/oz
- Прогноз производства на 1999 = 150 000 oz
- Текущее предполагаемое PV (на основе \$320/oz) = \$70 000 000
- Учетная ставка = 12%
- Снижение дохода = $150\,000 \times (320 - 285) = \$5\,250\,000$
- Текущее PV рудника = $70 - 5.25/(1 + 0.12) = \$65\,310\,000$

Если PV рудника принято таким, чтобы вернуться к тому же самому уровню через год (без заметного снижения ресурсов), то изменение PV, dV/dT , будет $70 - 65.31 = 4\,690\,000$ \$ и возможные затраты, F, равняются $DV \dots dV/dT$, где DV – интерес (банковский процент), который, возможно, был получен в другом месте, а dV/dT – снижение дохода из-за ухудшения экономических условий. Следовательно $F = 0.12 \times 65.31 - 4.69 = 3\,150\,000$ \$.

Из-за этих более низких возможных затрат оптимальное БС, как показано в уравнении 1, также будет ниже. Это подтверждается и здравым смыслом. Периоды с более низкой ценой золота, более низким БС и, следовательно, с более низким средним содержанием приведут к меньшему количеству продаваемого золота. Однако, когда цена золота растет, то БС должно быть поднято (вследствие увеличения возможных затрат), приводя к большему количеству золота, продаваемому по более высокой цене.

4.19.6. Производственные БС

Оптимальные БС, описанные выше, наиболее часто связаны со средне и долгосрочным горным планированием. Эти БС должны использоваться, чтобы помочь определять, какие очистные блоки и когда должны быть готовы к извлечению. Однако, в ежедневной жизни рудника, когда различные очистные блоки находятся уже в работе и подготовительные работы производятся во многих других местах рудника, то существует также множество производственных БС, которые могут быть применены для достижения максимальной экономической выгоды (наиболее высокий PV). Подробности таких расчетов применительно к подземной разработке приводятся ниже.

Начальный Выбор очистных блоков

Определение Оптимального БС, описанное выше, используется для начального выбора последовательности очистной выемки. Возможные Затраты, F , используемые в таких вычислениях, должны, как было подчеркнуто, отразить текущие экономические условия..

$$\text{In-situ } Gt_1 = \frac{V + \frac{f + F}{A}}{NSR \times r} \times (1 + d) \quad (4.11)$$

Планирование очистной выемки, когда вторичная подготовка уже завершена

Иногда горные операции могут прекратиться после того, как подготовка очистных работ уже была закончена. При принятии решении о возобновлении очистных работ нужно рассмотреть различные варианты БС.

Для этого БС компонент переменных затрат на добычу, который учитывает подготовку очистного блока, должен быть удален. Это делается потому, что эти деньги были уже потрачены, независимо от того, будет ли производиться очистная выемка фактически. Следовательно

$$\text{In-situ } Gt_2 = \frac{V_2 + \frac{f + F}{A}}{NSR \times r} \times (1 + d) \quad (4.12)$$

где V_2 - переменные затраты на руду, \$/t, после того, как затраты на подготовку были из них вычтены. Эти затраты должны включать бурение, взрывание, погрузку и переработку попутной руды.

Материал обрушения в очистных блоках

После или перед окончанием извлечения запланированной руды из любого блока, в нем может оставаться дополнительный минерализованный материал, который можно было бы оставить на месте или извлечь как руда. Чтобы принять это решение, при расчете БС для этого материала из переменных затрат должны быть удалены затраты на бурение, взрывание и др. горные затраты:

$$\text{In-situ } Gt_3 = \frac{V_3 + \frac{f + F}{A}}{NSR \times r} \times (1 + d) \quad (4.13)$$

где V_3 - переменные затраты на руду после того, как все прямые затраты на добычу вычтены.

Порода от проходки выработок

Материал от проходки подготовительных выработок в настоящее время поступает из множества различных выработок. Большая часть материала транспортируется на поверхность, независимо от его состава. Поэтому, чтобы определить, можно ли такой материал рассматривать как руду, для вычисления БС в переменные затраты должны быть включены только затраты на переработку руды:

$$In-situGt_4 = \frac{V_4 + \frac{f+F}{A}}{NSR \times r} \times (1+d) \quad (4.14)$$

где V_4 - переменные затраты на переработку руды.

БС, ограниченное по горным возможностям, (Mine-limited)

Все описанные выше эксплуатационные БС, базируются на условии, что завод всегда загружен полностью, то есть это операции, ограниченные производительностью завода. Время от времени, вследствие эксплуатационных проблем, завод можно «морить голодом» без руды, и тогда он будет работать с меньшей нагрузкой. Эта ситуация связана с горными ограничениями, при которых должны применяться другие (более низкие) оптимальные БС. При вычислении этих БС не применяются такие компоненты затрат, как фиксированные и возможные. Ограниченные по горным условиям БС обычно используются только в системах с обрушением и для материала, полученного от проходки выработок, поскольку есть надежда, что долговременное и среднесрочное горное планирование предусматривает сохранение производительности завода. БС для обрушенного материала в системах с обрушением будет равно

$$In-situGt_3 = \frac{V_3}{NSR \times r} \times (1+d) \quad (4.15)$$

где V_3 - переменные затраты после того, как из них вычтены все прямые затраты на добычу.

БС для материала от проходки выработок будет равно

$$In-situGt_4 = \frac{V_4}{NSR \times r} \times (1+d) \quad (4.16)$$

где V_4 - переменные затраты, связанные только с переработкой руды.

Эти различные эксплуатационные БС должны применяться только для особых производственных ситуаций и соответствующих местоположений очистных и подготовительных выработок.

Соблюдение этой стратегии также приводит к максимально возможной доходности рудника.

4.19.7. Оценка ресурсов

Кривые «Содержание – тоннаж» для measured и indicated ресурсов очистных блоков показаны на рис. 4.27. Ось Y этих графиков представляет полную пропорцию measured или indicated тоннажа с содержаниями выше БС. Имеется ясно видимый очень маленький объем measured материала ниже БС 5 г/т. При БС выше, чем 6 г/т measured тоннаж падает весьма круто.

Увеличение содержания при увеличении БС идет более плавно для measured очистных блоков. Для indicated ресурсов очистных блоков заметно намного более быстрое снижение доступного тоннажа для любого БС между 1 и 10 г/т. Для того же самого диапазона БС есть довольно однородное увеличение среднего содержания в очистных блоках выше БС. Эта информация показывает, что любая используемая стратегия БС будет иметь самый большой эффект на indicated очистные блоки.

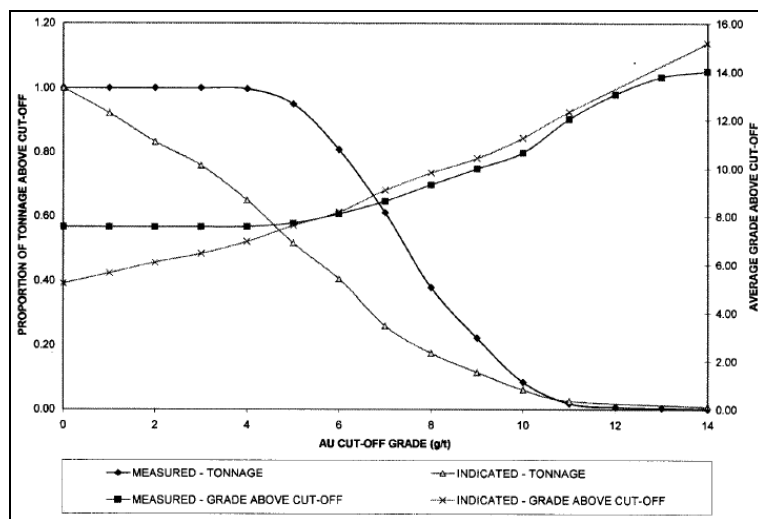


Рисунок 4.27. Кривые тоннаж - содержание

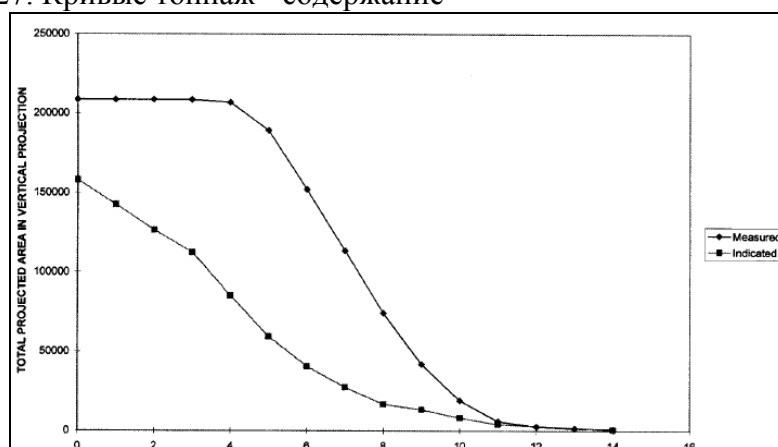


Рисунок 4.28 Спроецированная (на вертикальную плоскость) площадь и БС

Это также подтверждается объединенным графиком полной спроецированной площади (на вертикальную плоскость) доступных очистных блоков с содержаниями выше БС, как показано на рис. 4.28. Полная площадь indicated доступных блоков является меньшей и уменьшается в более широком диапазоне БС. Рисунок 4.29 показывает среднюю (горизонтальную) мощность доступных очистных блоков в зависимости от БС. Рисунок 4.30 показывает изменение полного содержания золота (г) в зависимости от БС. Он более ясно чем любой из предыдущих чертежей показывает сколько золота еще содержится в рассмотренных очистных блоках, и что изменения БС потенциально имеют больший эффект на indicated блоки.

4.19.8. Оптимальная стратегия БС

Для множества блоков ресурсов данного проекта были вычислено (используя полное разубоживание 33 % и извлечение при добыче 89 %) истощение и проведен анализ потока наличности на весь срок отработки запасов. В этом анализе единственный используемый БС был 3 г/т для indicated блоков ресурсов, согласующийся с геологическим (в предыдущем горном планировании) БС, используемым на руднике. Оно определило руднику 10 лет жизни и результирующий NPV 42 900 000 \$.

Для того же самого Проекта была создана оптимальная стратегия БС, используя описанную выше систему оценки альтернативных (opportunity) издержек. Это привело к БС 6.0 г/т, используемому для indicated очистных блоков в году 2, и далее БС 4.8 г/т в году 3. Для inferred очистных блоков была предложена стратегия уменьшающегося БС от 5.8 до 4.8 г/т. Результатом этой стратегии стала восьмилетняя жизнь рудника с приблизительной

потерей ресурсов 2 500 000 т. Однако, полная выгода от этого подхода состоит в увеличении NPV до 68 700 000 \$ или на 60 %. Было сделано предположение, что очистные блоки при более высоких ранних БС могут быть доступны в нужное время, но даже, если практические трудности ограничивают содержание в доступных очистных блоках, то все равно соблюдение такой уменьшающейся стратегии БС дает экономический эффект.

Для анализа чувствительности эти два производственных сценария, с и без оптимизации БС, были использованы в расчетах различных вариантов Проекта: Таблица 3 дает резюме этих результатов, сравнивая случаи с различным разубоживанием руды. Кроме рассчитанного NPV приводятся средние содержания Au в запасах. Расчеты показывают, что при уменьшении разубоживания до 26 % возможны повышенные значения доходности. Комбинация же такого изменения разубоживания и оптимальной стратегии БС почти удваивает начальный, неоптимизированный NPV.

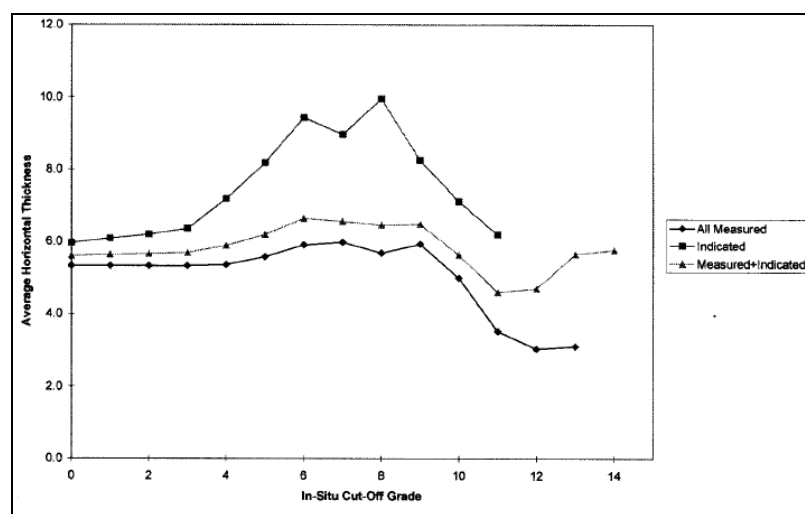


Рисунок 4.29. Средняя мощность рудных тел в зависимости от БС

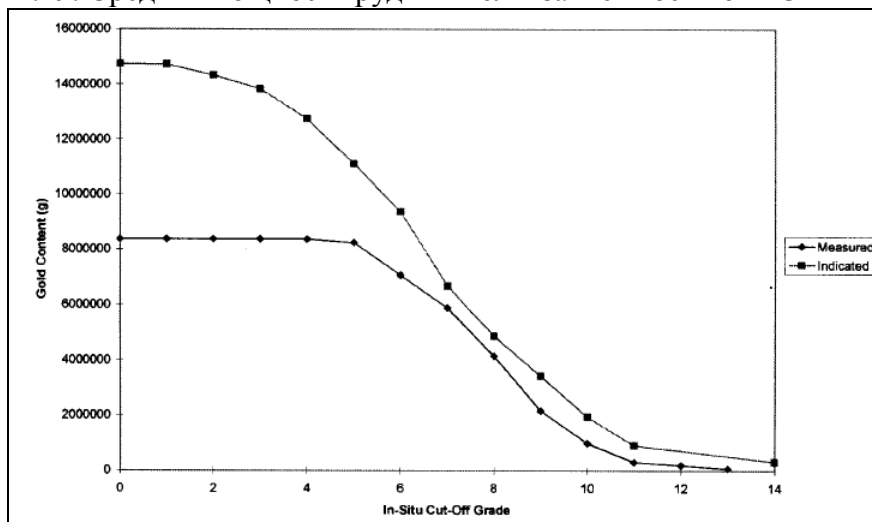


Рисунок 4.30. Запасы Металла в зависимости от БС

Подобные альтернативные потоки наличности были рассчитаны, изменяя другие параметры, которые включали пессимистическое проектирование с более низкими средними содержаниями рудопотока; различное разубоживание для альтернативных систем разработки; и соответствующие затраты для более высокопроизводительных систем. Следствием этой работы было выдвижение на первый план особой важности снижения разубоживания.

Заключения по оптимизации стратегии БС.

(1) Тщательно спланированная стратегия уменьшающегося БС увеличивает доходность рудника.

(2) Уменьшение разубоживания будет иметь чрезвычайно положительный эффект на величину NPV. Определение потенциальных выгод должно привести к намного лучшему пониманию связи между контролем разубоживания и горными затратами и стимулировать усовершенствование методов инженерного контроля за горными работами.

(3) По сравнению с предыдущей программой рудника, использование оптимизированной стратегии БС приведет к уменьшению добываемого тоннажа руды приблизительно на 30 %, тогда как объем извлеченного золота уменьшится приблизительно на 14 %.

(4) Уменьшение горных затрат за счет более высокого разубоживания не приводит к существенному повышению NPV.

Были также сделаны проверки, чтобы увидеть, могут ли изменения расстояний перевозки для различных частей рудника вызывать локальные изменения БС. Расчетные изменения транспортных затрат были маленькими, а когда они объединялись с другими компонентами затрат в вычислениях БС, то эти эффекты были незначительны.

4.20. Обоснование производительности подземного полиметаллического рудника на основе анализа БС (система с открытым очистным пространством) [3]

Те, кто знаком с экономикой подземной добычи, знают, что БС очистных блоков могут изменяться при изменении производительности производства. Это - частично результат распределения фиксированных капитальных и эксплуатационных расходов на различные тоннажи.

Различные БС приводят к различным контурам очистной выемки и следовательно - к различным жизнеспособным масштабам производства. Исследования производственного графика подземного рудника были проведены с помощью программного обеспечения AutoScheduler Rungefs, а полученный тоннаж и содержания использовались, чтобы вычислить оптимальный БС для каждого рудного тела. на основании максимального NPV.

4.20.1. Моделирование сценария

Для каждого рудного тела были рассмотрены 7 вариантов контуров блоков, соответствующим разным БС. Для каждого контура были исследованы от 8 до 15 вариантов производительности, и для каждого варианта рассчитана оптимальная последовательность выемки. Для первых двух исследованных рудных тел (связанных с одной из шахт рудника) в течение двух недель были рассчитаны и проанализированы в общей сложности приблизительно 200 графиков.

Рисунок 4.31 показывает пример двух границ отработки для двух различных БС для одного из рудных тел. Два графика (тоннаж и содержание) для той же самой производительности производства для тех же самых двух границ отработки показаны на рис. 4.32.

Модель AutoScheduler, построенная для этого исследования была основана на базе данных ХРАС, которая содержала детали о каждом очистном блоке месторождения (тоннаж и содержание), а также необходимые атрибуты, типа расстояния откатки для

каждого очистного блока, которое управляет производительностью очистной выемки. Рисунок 4.33 показывает тоннаж и расстояние откатки для одного из моделируемых блоков.

Рисунок 4.34 показывает планы контуров очистной выемки и содержащиеся в них тоннажи металла для контуров из базы данных ХРАС для каждого из шести БС, используемых для одного из рудных тел.

Начальные контуры отработки, показанные на иллюстрации 4, были получены, используя программу Snowden STOPESIZOR (www.snowden.com.au/software.htm)

Геологическая блочная модель была отфильтрована использованием минимальных размеров очистного блока 10м (высота) и 30 * 30 м. (план).

Затем были сформированы контуры очистной выемки, объединяя эти минимальные блоки с содержанием выше заданного БС.

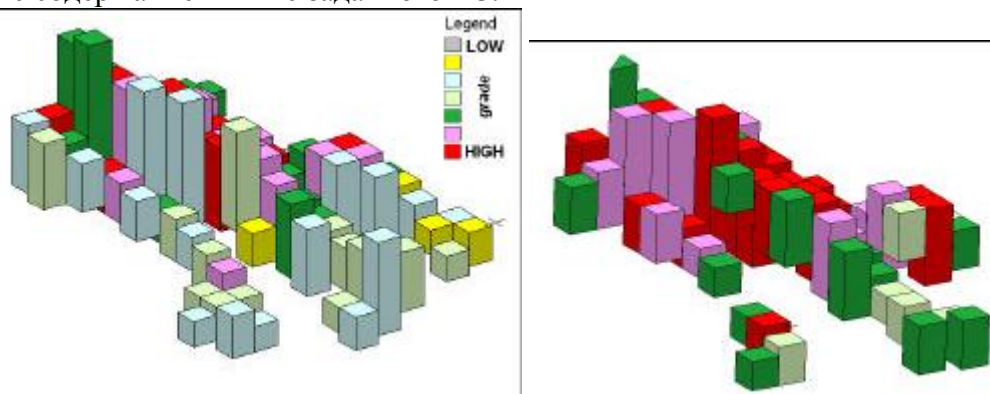


Рисунок 4.31. Два множества очистных блоков (трехмерная схема) для различных БС (цвет очистных блоков отражает содержание)

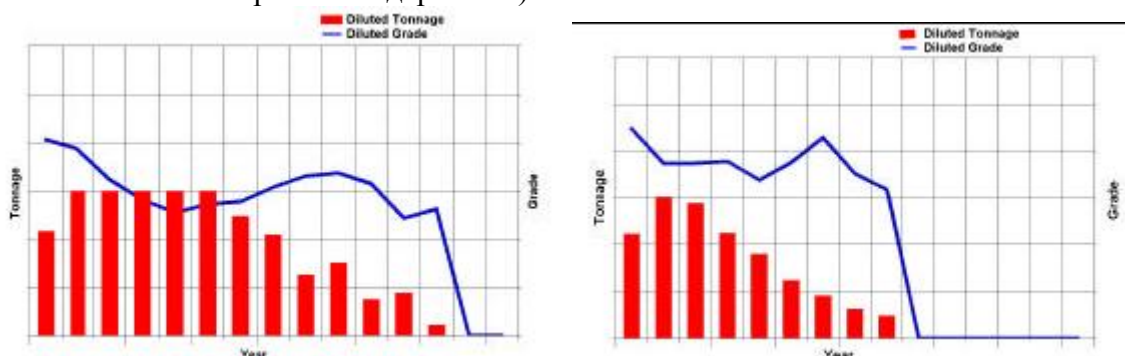


Рисунок 4.32. Тоннаж и содержание для двух границ отработки р.т. для различных БС как показано на иллюстрации 1 при постоянной ежемесячной производительности (эквивалентной 1.5 Мтпа)

Много различных действий должны выполняться в процессе очистной выемки. Построенная для этого исследования модель AutoScheduler учитывала пять последовательных стадий отработки, которые планировались, как это проиллюстрировано ниже.

Эти пять стадий отражали весь цикл очистной выемки, который требовался для планирования.

Реальные правила для планирования были также встроены в модель. Они включали в себя:

- гарантия, что два смежных очистных блока не могут быть отработаны одновременно;
- предотвращение одновременной добычи двух очистных блоков, если они представляют две стороны того же самого закладываемого блока;
- предотвращение выбора очистного блока для отработки, если это затрудняет доступ к другим очистным блокам в р.т;

- обеспечение, чтобы очистная выемка не начиналась до того времени, пока не будут закончены все подготовительные и нарезные работы;
- для каждого блока перед обработкой должны быть смоделированы спиральные съезды вверх и вниз.;
- соблюдение последовательности обработки блоков, которая обеспечивает нормальную вентиляцию, геомеханические условия, доступность откаточных выработок и т.д.

4.20.2. Заключение

Графики тоннажа и содержаний, полученные в этом исследовании, использовались в финансовых моделях горного, обогатительного и металлургического производства компании. Это позволило руднику определить различные оптимальные БС для каждого из рудных тел. Окончательное решение о БС было принято с учетом воздействия особенностей каждого рудного тела на достижимую производительность и ее влияния на металлургическую и маркетинговую деятельность компании.

Это привело к созданию самого экономичного и практичного решения для производства в целом.

AutoScheduler ХРАС успешно решил ранее недоступную задачу быстрой генерации многократных оценок сценариев обработки и многих вариантов очистной добычи.

Эта задача была решена способом, который соблюдает реальные мировые правила и сложные компромиссы горных систем.

Стадии очистной выемки:

- подготовительные и нарезные работы
- очистная выемка руды
- подготовка к закладке
- закладка
- твердение закладки

Модель AutoScheduler, созданная управляющим и эксплуатационным персоналом компании с большим пониманием сложностей взаимодействия между расположениями очистных блоков и возможностями последовательности обработки каждого рудного тела.

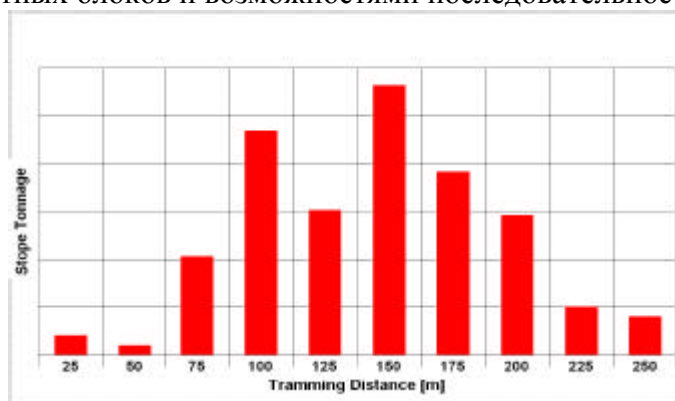
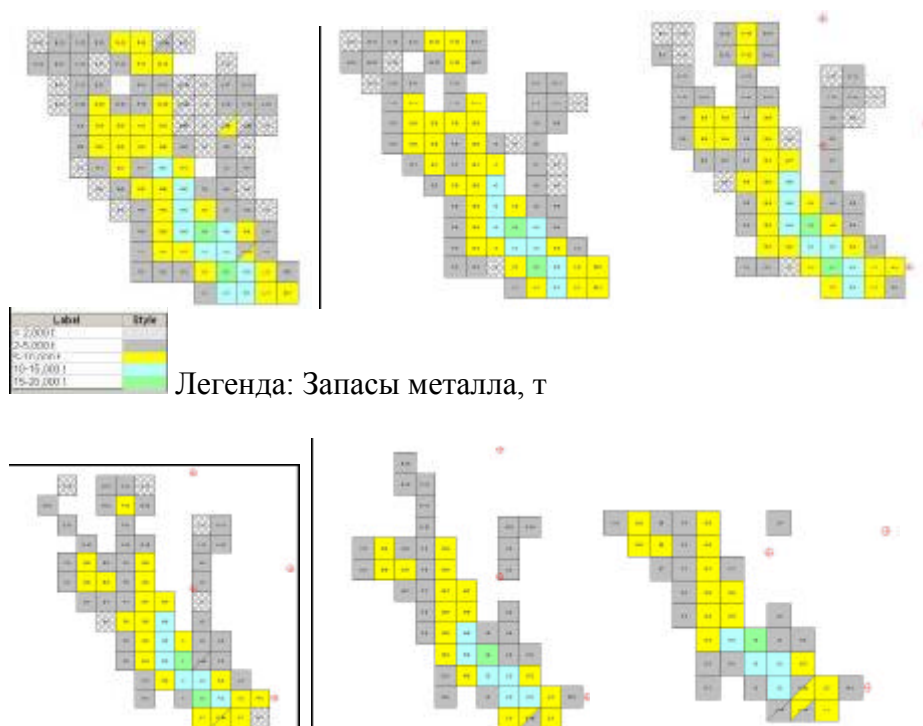


Рисунок 4.33. Зависимость Тоннажа от Расстояния откатки



Легенда: Запасы металла, т

Рисунок 4.34. Контуры Очистной выемки для Шести вариантов БС (в блоках показаны запасы металла, т)

4.21. Литература

1. Kenneth F. Lane ECONOMIC DEFINITION OF ORE (Cut-Off Grades in Theory and Practice), Mining Journal Books, 1988
2. J. Wheeler and Ruy L. Rodrigues, Cutoff-grade analysis at Fazenda Brasileiro: mine planning for declining gold prices, The Institution of Mining and Metallurgy, 2002.
3. Julian Poniewierski, Production Rate Based Cut-Off Grade Analysis for an Open Stopping Base Metal Mine, Great XPACtations - September, 2002

5. Экономическая оценка горных проектов [1]

Оценка Проекта – это процесс идентификации экономической осуществимости проекта, который требует капиталовложений и принятия инвестиционного решения. Понятия, рассматриваемые в этой главе, относятся ко всем типам проектов, для которых должны быть приняты инвестиционные решения. Однако, центром здесь являются минеральные проекты, которые часто вызывают трудности оценки своей уникальностью. Сложные минеральные проекты часто приводят ко многим сомнениям, связанным с самой природой оценок геологических запасов, серьезными проблемами в прогнозе цен металлов и издержек производства, продолжительными периодами оценки, в течение которых могут измениться экономические и технологические условия, неопределенностью государственных регулирующих и экологических требований и, во многих случаях, долгой продолжительностью жизни проектов. Поэтому путь к обоснованным инвестиционным решениям в горной промышленности связан с большой осторожностью и применением многовариантных методов оценки.

При этом метод оценки должен учитывать и прогноз развития технологии, используемой в проекте, и будущее поведение рынка, чтобы привести к максимально точным результатам. Кроме того - хотя это может показаться банальным - любой метод оценки должен использоваться правильно. Обратное происходит, к сожалению, удивительно часто. И наконец, данные, полученные в процессе оценки, должны

правильно интерпретироваться, что также является трудной задачей. Неверное истолкование результатов оценки часто приводит к неправильным решениям.

Эта глава рассматривает, прежде всего, концепции оценки минеральных проектов, а не детали математических вычислений. Ниже описаны различные, часто используемые методы экономической оценки, включая анализ затрат, дисконтированного потока наличности, анализ альтернатив, а также их взаимоотношения с геологическими, технологическими и финансовыми оценками. Здесь также рассматриваются используемые методы принятия решений. Есть большая опасность слишком большого доверия к результатам проектных оценок. Хотя мощность компьютеров теперь доступна для точных вычислений, но получающиеся ответы часто или некорректны, или вводят в заблуждение из-за множества причин. Тем не менее, представленные здесь методы оценки – лучшие из доступных и обычно используются на практике; когда они используются правильно – это мощные инструменты, чтобы помочь лучше понять экономику инвестиционных проектов.

5.1. Общее описание процесса оценки

Процесс оценки может быть разделен на две взаимосвязанных фазы: этап оценки и этап принятия решения. Продукт фазы оценки, которая подробно рассматривается ниже, – ряд параметров, характеризующих выполнимость проекта. Эти параметры используются лицами, принимающими решение, о том, какой проект реализовать. Такие решения обычно основываются на принципах принятия решения и исследования операций, которые являются отдельной областью знаний и здесь детально не рассматриваются.

Чтобы сделать надлежащую оценку, аналитики должны сначала наметить цели оценки и ответить на вопросы: для кого эта оценка должна быть сделана, какие методы будут использованы и являются ли они самыми подходящими для данных условий, какие будут применены критерии принятия решения, и что они могут и не должны ожидать от оценки. Они также должны учесть сильные и слабые стороны будущего проекта и возможные источники помех в процессе оценки так, чтобы правильно интерпретировать результаты. Не существует какого-то единственного метода, подходящего для всех случаев, отличающихся многими деталями типов и целей оценки проектов. Следовательно, не может существовать какой-то "единый рецепт" для оценки всех проектов.

Горный проект может включать уже существующую собственность или собственность, которая будет или может быть создана в будущем. Следовательно, на первый взгляд, кажется, что есть два больших класса горных проектов, для которых могут быть необходимы оценки:

- собственность, которая, как традиционно полагают, является непосредственной возможностью для инвестиций и
- собственность, для которой не предусматривается какая-либо прямая продажа.

Ощутимое различие между этими двумя классами проектов – анализ причины инвестиций, который обычно отличается от обычной оценки реальной рыночной стоимости собственности для налогообложения и других целей. Однако, инвестор всегда имеет право продать собственность, независимо от того, рассматривалась ранее эта возможность или нет, а ценность любой горной собственности зависит от ее потенциала, который будет создан, независимо от того, когда инвестиции могут иметь место. Поэтому, процессы оценки проекта должны быть в основном идентичными оценкам, используемым, например, для определения основы налогообложения.

Таким образом, оценки горных проектов альтернативно могут быть разделены на 2 других класса:

- определение достоверной (справедливой) рыночной стоимости собственности для налогообложения или подобных целей или
- определение стоимости собственности в инвестиционных целях.

Справедливая рыночная стоимость может быть определена как ценность, которую потенциальные покупатель и продавец готовы рассмотреть при отсутствии любых обстоятельств, которые заставили бы владельца продавать или покупателя купить. Инвестиционная ценность в этом случае может быть определена как цена, по которой фактически имела бы место сделка, когда фактическая величина инвестиций может или не может быть равной справедливой рыночной стоимости собственности. Различие между двумя ценностями зависит от определенных инвестиционных требований и ограничений инвестора.

Когда оценка делается, чтобы определить справедливую рыночную стоимость собственности для налогообложения, то цель проведения оценки проекта состоит в том, чтобы обеспечить информацию для эксперта, определяющего стоимость. Когда оценка делается для инвестиционных решений, то цель состоит в том, чтобы обеспечить информацию и чтобы помочь лицам, принимающим решение, сделать лучший выбор. В обоих случаях процесс оценки просто создает информацию для людей, которые затем интерпретируют эти данные, чтобы определить ценность рассматриваемой собственности. Однако, учитывая несовершенную природу процедуры оценки, которая включает прогнозирование будущих событий, созданная информация приведет к лучшим решениям, если только результаты точны. Поэтому, чтобы быть полезными, результаты оценки проекта должны быть скорее правильными, чем неправильными, и оценщик должен иметь возможность доказать, что это так.

Но получение правильных данных и надлежащих выводов нелегко. Кроме того, всегда трудно определить, когда данные неправильны, и может быть совсем невозможно сказать, когда заключения являются некорректными. Намного хуже сделать ошибочные выводы и считать, что они верные, чем не иметь вообще никакой информации, но осознавать эту ситуацию и действовать соответственно.

Есть два типа ошибок, связанных с проектом:

- проект может быть принят, когда он должен быть отклонен, и
- он может быть отклонен, когда должен быть принят.

Если хороший проект будет отклонен, то все его выгоды будут потеряны. Оценщики проектов обычно подчеркивают только выгоды. Люди очень озабочены перспективой получения дохода от проекта. Однако, намного более серьезные проблемы могут возникнуть, когда принят плохой проект, - это банкротство и потеря капитала в случае частного проекта или негативные общественные результаты в случае социального проекта. Эффекты потери денег, которые всегда давали прибыль, или денег, которые могли бы быть вложены в лучший проект с теми же самыми инвестициями, намного более разрушительные, чем просто недополучение планируемой прибыли. Поэтому, любая оценка проекта должна включать, по меньшей мере, оценку того, сколько может быть потеряно по сравнению с тем, сколько может быть получено. Некорректный анализ потенциальных потерь – это серьезный недостаток многих оценок.

Степень внимания, которое аналитик должен посвятить уровню возможных потерь, учитывая возможные выгоды, зависит от восприятия инвестором приемлемого риска. Этот уровень неодинаков для разных инвесторов, для аналогичных проектов на различных стадиях развития, и может сильно отличаться для непохожих проектов. Кроме того, уровень риска может измениться для любого проекта или инвестора в течение определенного времени.

Аналитики могут захотеть выполнить упрощенную оценку, которая определяет, действительно ли проект является стоящим. Привлекательность использования такой процедуры в том, что компьютер сам может выбрать самый выгодный проект,

освобождая, таким образом, лицо, принимающее решение, от этой обязанности. Конечно, этот подход является неподходящим для большинства ситуаций. Как правило, аналитики должны рассмотреть много факторов. Хотя генерируемые компьютером результаты действительно ценны, но задача инвестора интерпретировать смысл любых результатов и принимать решения. Компьютер решений не принимает.

Даже притом, что детальная оценка проекта не будет давать абсолютно правильных результатов, она может все же генерировать важные выгоды. Процесс оценки требует рассмотрения всех альтернатив, факторов и деталей, а это создает окружение, чтобы помочь организации мыслить. Только один этот результат оправдывает время и затраты, потраченные на создание модели оценки. Кроме того, процесс оценки идентифицирует ключевые факторы, которые определяют успех или отказ от проекта. Как только аналитики узнают ключевые факторы, они могут потратить дополнительное время и деньги, пытаясь получить больше информации относительно этих факторов. Это позволяет аналитикам использовать бюджет оценки более эффективно. Например, оценщики могли бы определить затраты проекта с точностью до $\pm 5.0\%$. Но, если они могут определить будущие цены произведенной продукции с точностью всего $\pm 50\%$, то они должны сосредоточить свои усилия на повышении надежности информации о ценах или сокращении рисков, связанных с ценой, вместо того, чтобы улучшать точность данных о затратах.

5.1.1. Пользователи результатов оценки проектов

Есть три наиболее распространенных типа пользователей результатов оценки проектов:

- частные инвесторы (включая частные корпорации),
- кредиторы и
- правительства.

Частные инвесторы – это обычно спонсоры проектов и дельцы. Кредиторы включают коммерческие банки и специальные организации, типа Международного банка, а также дельцы, играющие на понижение, которые предоставляют деньги в обмен на исключительные права на покупку продукции горных предприятий. Правительства на национальных и на местных уровнях могут быть участниками проекта, как кредиторы, акционеры, налоговые или регулирующие органы.

Каждый из этих типов пользователей имеет различные инвестиции и критерии для оценки решений. Поэтому, каждый интерпретирует результаты проектной оценки по-своему и может использовать для этого различные методы. Например, частные инвесторы обычно желают рисковать и получать компенсацию за свой риск. Кредитные учреждения, в отличие от этого, принимают меньше риска и будут вообще рассматривать данный проект в другом свете, чем инвесторы. Кроме того, различия в законодательстве могут заставить банки и частных инвесторов реагировать на одинаковые результаты по-разному.

Правительства заинтересованы в более широком диапазоне выгод и затрат чем коммерческие банки или частные инвесторы, следовательно они рассматривают результаты и методы оценки проекта в другом свете. Они должны оценивать как финансовую, так и социальную сторону проекта. В результате этого специфические цели правительств: темпы экономического развития, занятость населения и заработная плата, правительственный доход и условия социального обеспечения, распределение богатства, решение экологических и социальных проблем, — вероятно, будут в конфликте с целями коммерческих банков или инвесторов.

Международные кредитные организации, типа Международного банка и банков, контролируемых государством, имеют черты и кредиторов, и правительств, т.к. они обычно рассматривают более широкий диапазон выгод и затрат. Мало того, что эти

кредиторы должны быть консервативными, чтобы защитить их вкладчиков, они должны также рассмотреть социальные аспекты минеральных проектов.

Многие минеральные проекты (и почти все большие) вовлекают все три этих типа пользователей результатов оценки проекта. Мало того, что каждая сторона должна понять свои собственные выгоды от проекта, но каждый участник должен также понять интересы других, если в итоге должно быть достигнуто оптимальное, взаимоприемлемое решение. Поэтому, каждый участник, который имеет финансовый интерес в данном проекте, должен знать методологию и критерии оценки других участников. Например, если частный инвестор планирует обратиться к кредитору для получения капитала, то его оценка проекта должна быть приемлемой для кредитора.

Несмотря на очевидную необходимость определения ясного набора целей и критериев оценки проектов, этими шагами в оценке часто пренебрегают. Корпорации и правительства часто могут иметь много противоречивых интересов и целей. Кроме того, одна фирма может иметь иногда цели, отличные от других компаний, даже в той же самой отрасли промышленности. Существует столько различных наборов целей для фирм, сколько существует самих фирм. Если максимизация прибыли - обычно самая важная цель для любой корпорации, то другие возможные цели включают в себя: быть самой большой компанией, наиболее инновационной или иметь самую большую долю на рынке.

Оценка проектов частными инвесторами всегда была краеугольным камнем в создании новых горных проектов. До середины 1960-ых, большинство проектов финансировалось внутренним капиталом горных компаний. С тех пор размеры капитала для очень больших минеральных проектов стали настолько высокими по сравнению с основным капиталом любой горной компании, что почти все такие проекты теперь финансируются с помощью кредитов или путем создания совместных предприятий. В результате этого многие финансовые учреждения с большой неохотой участвуют в минеральных проектах.

5.1.2. Особенности инвестиционных решений по горным проектам

Прежде, чем обратиться к рассмотрению методов оценки и критериев принятия решений, необходимо рассмотреть особенности инвестиционных решений, определяющих, какой метод оценки должен использоваться. Можно применить неправильный метод или критерий для выбора и получить ответ, который является математически корректным (и может даже показаться разумным), но все же быть неправильным. Также возможно сделать все правильно и затем неправильно истолковать результаты. Любая из этих ситуаций может вполне привести к принятию неправильного решения, что является худшим результатом усилий по оценке.

Основная процедура любой оценки должна сравнить последствия или относительные ценности всех возможных альтернативных стратегий и затем сделать обоснованные решения на основании полученных результатов. Определение финансовой ценности капиталовложений включает сравнение средних ожидаемых доходов по инвестициям с характеристиками всех альтернативных вариантов использования капитала. Например, если единственный выбор - между хранением денег в банке, дающим 6 % ежегодно, и вложением капитала на бирже или в проект, то такие инвестиции должны привести, по крайней мере, к 6%-ой доходности капитала, чтобы быть подходящими для рассмотрения. Оценка альтернативных вариантов затрат капитала – это важное понятие, которое является центральным в методах оценки горных проектов.

Одни и те же принципы оценки могут использоваться одинаково хорошо для неминеральных и минеральных инвестиций. Однако, горные инвестиции имеют множество особенностей, которые делают их несколько отличными от других типов

инвестиционных возможностей, включая истощение, неповторимая (невозобновимая) природа рудных запасов, уникальное расположение и особенности месторождения, существование геологической неопределенности, отрезок времени, требуемый для развития производства, обычно долгосрочная природа такого производства, и явно циклическое изменение цен на минеральную продукцию. Кроме того, минеральные месторождения могут быть отработаны только там, где они найдены. Поэтому, варианты определения местонахождения горного предприятия всегда будут более ограничены по сравнению с другими типами индустриальных отраслей. Это уменьшение гибкости увеличивает риск горных предприятий по сравнению с другими типами инвестиционных возможностей.

Каждое месторождение уникально по местоположению, содержанию ценных компонентов в руде и другим характеристикам. Оно теоретически не может быть возобновлено, когда запасы исчерпаны, хотя подобные месторождения часто могут быть обнаружены в других местах. Этот аспект мешает сравнивать ценность одного горного проекта с другим. Риск увеличивается, т.к. нет никакой гарантии, что геологоразведка приведет к новому минеральному месторождению, чтобы заменить исчерпанное.

Эффект времени сильно влияет на ценность минерального проекта также как на любые другие долгосрочные инвестиции. В этом случае должны быть спрогнозированы цены и производственные затраты, что всегда вводит элемент риска, обычный для большинства других типов инвестиционных возможностей. Однако, цены на многие минералы являются по своей природе циклическими, поэтому трудность в прогнозе цен и затрат накладывает специфические проблемы на оценку и планирование минеральных проектов.

Время также влияет на минеральные проекты несколькими способами, которые не всегда присутствуют в других инвестиционных возможностях. Во-первых, для долгосрочного горного проекта обычно требуются существенные рудные запасы. Т.к. по определению, запасы (ресурсы) – это количество руды, которая будет добыта в будущем, то сегодняшняя ценность тонны запасов меньше чем сегодняшняя ценность уже добытой тонны руды. Многие инвестиционные решения рассматривают выбор, продать ли собственность сегодня или подождать некоторого момента в будущем; таким образом, государственные чиновники, которые желают обложить налогом минеральные запасы, чтобы увеличить финансирование общественных проектов, часто неправильно понимают факт, что не все запасы руды имеют ту же самую сегодняшнюю ценность.

Во-вторых, процесс оценки минерального проекта должен предполагать, что технологические и плановые решения, принятые в течение первого этапа отработки месторождения, затронут и будущую ценность проекта. Например, ранняя отработка руды более высокого качества увеличивает прибыль на первом этапе, но понижает среднее содержание остающейся руды и уменьшает продолжительность жизни рудника. Кроме того, технико-экономические условия могут неожиданно измениться в течение жизни рудника, что делает привлекательной необходимость высокой гибкости управленческих и плановых решений.

Наконец, невозможно точно знать тоннаж или содержание в обрабатываемой руде, пока месторождение полностью не исчерпано по двум причинам. Первая имеет отношение к геологической определенности. Геологический тоннаж и качество руды месторождения определяются опробованием, которое по определению дает лишь статистические оценки. Вторая причина имеет экономический характер. Количество и качество руды, которая будет добыта в любой период времени зависят от горных затрат на добычу и переработку руды, а также от цен на металлы. Так как будущие цены не могут быть предсказаны точно, то обычно трудно определить перспективные запасы руды даже притом, что может существовать высокая степень достоверности геологических оценок.

Обычно оценка и финансирование горных проектов подразумевает создание новых производств, но в действительности большинство таких решений касается модификации

существующих предприятий. В принципе могут быть приняты только несколько основных типов решений. Каждый тип требует различных наборов исходной информации и, возможно, различной интерпретации результатов оценки. Основные инвестиционные решения:

- ничего не делать или вложить капитал в другом месте,
- открыть новое производство,
- сохранить, увеличить или уменьшить выпуск продукции на существующем производстве,
- закрыть производство временно или постоянно, и
- повторно открыть производство.

Эти основные типы решений отличаются по масштабам сопутствующих затрат. Например, начальные затраты капитала уместны только для решений открыть или расширить производство. Эксплуатационные расходы на обслуживание и новое открытие очень важны в решениях, закрыть ли или повторно открыть производство. Затраты на закрытие и ожидание будущих цен (и затрат) сильно влияют на решения относительно постоянного или временного закрытия предприятия.

Перечисленные динамические аспекты горной оценки вызывают много проблем у оценщиков проектов, инженеров и операторов. Учитывая неопределенную природу многих из входных параметров системы, часто бывает трудно определить для горного планирования такие основные производственные характеристики, как оптимальная производительность рудника, среднее и бортовое содержание компонентов в рудопотоках.

Инвестиционные затраты и доходы для некоторых проектов трудно измерить и оценить. Например, могут быть необходимыми инвестиции, чтобы сохранить долю на рынке или положение организации как технологического лидера, но получаемые при этом выгоды часто трудны для измерения. Инвестиционные решения по технике безопасности и борьбе с загрязнением среды также трудно оценить, если при нарушении действующих стандартов предприятие не подвергается наказанию в виде штрафа или остановки производства. Часто, оценки таких мероприятий делаются сравнением с другими вариантами наименьших затрат, считая их лучшими вариантами.

Много инвестиционных решений стимулируются внешними событиями, типа неожиданного истощения руды, изменения энергозатрат, стоимости рабочей силы или суммы налогов. Во многих случаях инвестиционные решения должны приниматься в сжатые сроки, что сильно ограничивает количество информации, которая может быть за это время получена и проанализирована.

5.1.3. Определенность и неопределенность

Проект, в котором будущие цены и затраты известны с достаточной определенностью, должен быть оценен в другой манере в отличие от проекта, в котором эти факторы достоверно не известны. Например, рассмотрим проект добычи угля, в котором продукция продается по долгосрочному контракту, а затраты на добычу достаточно предсказуемы. Такой проект может быть оценен определением величины будущих потоков наличности, основанных на учетной ставке, которая для инвестора представляет собой альтернативные варианты вложения капитала, без необходимости ее увеличения для компенсации возможного риска.

С другой стороны, золотой рудник с затратами 14.50 \$/г (450 \$/унцию) может работать уверенно, когда цена золота превышает эту величину. Так как аналитики не могут точно предсказать цену золота, то они не знают, какое количество прибыли получит рудник в тот или иной период. В этом случае, определение дисконтированной ценности неизвестных будущих потоков наличности дает только ограниченную помощь инвестору. Однако, это не означает, что такая собственность не имеет никакой ценности; скорее это означает, что такая оценка должна быть сделана другим способом.

Когда неопределенность и риск несущественны, то обычно оценка проекта - легкое занятие. Однако, минеральные проекты часто производят продукцию, для которой цены или технологические процессы трудны для предсказания, и аналитики должны принимать решения относительно лучшего способа оценки таких проектов. Введение категории риска очень усложняет процесс оценки. Но ключ к успешной оценке – это корректное определение количества риска и его последствий. Этот вопрос рассматривается в главе 7.

5.1.4. Взаимно исключающие и независимые проекты

Есть два распространенных типа инвестиционных решений, основанных на количестве и взаимосвязи рассматриваемых проектов. Часто лицо, принимающее решение, должно предпочесть один проект другому, например, построить ТЭЦ или ГЭС. Если только один из этих проектов может быть принят, то эти проекты являются взаимно исключающими. С другой стороны, инвестиционные возможности, которые не имеют никакого отношения друг к другу, типа медного рудника и освоения месторождения нефти, определяются как взаимно независимые. Инвестор может предпринять или один, или оба проекта, если каждый проект отвечает минимальным требованиям доходности.

Ранжирование проектов также зависит от наличия достаточных ресурсов или капитала, чтобы реализовать все проекты, если они независимы. Обычный случай, когда таких ресурсов или капитала не достаточно для всех возможных проектов. Таким образом, необходимо нормирование капитала. При его дефиците отобранные проекты должны принести инвестору самые большие выгоды для доступного бюджета.

Часто необходимо сравнить выгоды и затраты двух или больше инвестиционных возможностей, которые имеют неравные сроки жизни. Как проводить оценку таких случаев зависит от того, что рассматривается: сроки жизни проекта или сроки службы основного оборудования. При рассмотрении альтернативных проектов с разным сроком службы оборудования необходимо поставить их в одинаковые условия. Например, было бы неправильно сравнивать ценность вложения инвестиций в машину, которая будет работать только 1 год, с машиной, которая стоила бы больше, но будет работать 20 лет. Очевидное решение в этом случае состоит в том, чтобы сравнить закупку 20 недорогих машин в течение долгого периода времени с инвестициями на покупку единственной, но более дорогой машины. На практике не всегда легко оценивать различные сроки службы оборудования при сравнении инвестиций. Такие способы оценки описаны ниже.

5.1.5. Типы оценок

Есть много методов оценки проектов, и обычно всегда используется больше чем один метод, чтобы оценить какую-то единственную перспективу.

Методы оценки могут быть разделены на два больших класса:

- положительные методы оценки, которые основаны на легко измеряемых факторах, типа экономической эффективности, затрат, и цен;
- нормативные методы оценки, которые основаны на трудно измеряемых факторах, типа социальных ценностей, этики, общественном мнении. Важно понять, что эти два отличающихся класса реально существуют. Легко бессознательно смешать их и создать большой и ненужный беспорядок в процессе оценки. Это особенно часто случается с оцениваемыми правительством социальными проектами.

Положительные методы оценки

Положительные методы оценки основаны на экономике, которая имеет дело с измеримыми факторами, основанными на экономической эффективности, затратах, и ценах. Использование экономической эффективности позволяет выполнить задачу с минимальными затратами или получить самую большую выгоду от данных инвестиций.

Геология

Геологические ресурсы минерализованного материала могут быть измерены, используя геологические прогнозы и технические вычисления. Однако, руда и ее запасы определяются здесь как материал, который может быть извлечен с прибылью, получаемой при существующих или ожидаемых технологии и ценах. Это понятие руды дает начало двум общим недоразумениям.

Во-первых, геологические запасы и содержания металлов в руде иногда считают дискретными и неизменными, если не рассматривать эффектов истощения. Это неправильное представление особенно живуче среди государственных чиновников, которые имеют ограниченное знание горной специфики и ценности минеральных ресурсов, но ответственны за эту отрасль и связанные с ней финансовые и политические проблемы. Однако, количество запасов и содержания металлов в руде зависят от изменяющихся уровней геологического знания о месторождении, изменения экономических условий, а также истощения запасов. Геологические запасы и бортовые содержания месторождения - функции не только геологии, но и технологии извлечения, затрат и цен. Изменения любой из этих переменных изменяют величину экономических запасов и средних содержаний. Это объясняет, почему компании могут периодически сообщать о новых цифрах тоннажа запасов и содержаний, которые не связаны с нормальным истощением и продолжающимся исследованием недр.

Второе недоразумение имеет отношение к цене минеральных ресурсов и связано с крупными месторождениями. Например, для рудника, который имеет запасов руды на 200 лет (при существующей производительности) может быть подсчитано, что, если тонна запасов, которая добыта сегодня, может быть продана за 1.10 \$/т, то ценность всех запасов равна этой цене, умноженной на общий тоннаж, который будет добыт в эти 200 лет. Это явно неправильно, и никакой инвестор не сможет позволить себе заплатить сегодня ту же самую цену тонны (как для материала, который будет добыт сегодня) за руду, которая будет добыта через 200 лет. Из-за временной ценности денег, материал, который будет добыт в будущем, имеет небольшую или даже никакую сегодняшнюю ценность по сравнению с материалом, который добыт сейчас.

Количество руды, подсчитанное с помощью геологических данных, экономики извлечения, цен и времени отработки запасов, часто приводит к путанице со стороны государственных чиновников, которые пытаются оценить ценность руды ради налогообложения или решения социальных проблем. Определение руды также включает политические решения, которые имеют отношение к проблемам истощения минеральных ресурсов и энергии, особенно, если это касается так называемых дел национальной безопасности. Количество минерализованного материала, классифицированного коммерческими фирмами для данного времени и цен, как руда, может значительно (в большую или меньшую сторону) отличаться от количества, определенного общественными чиновниками. Какая из цифр является правильной зависит от того, как рассматриваются детали вычислений и предположений. Различия в оценках запасов обычно вызываются различными предположениями относительно будущих цен и издержек производства. Недоразумения в определении и характеристиках руды могут легко привести к экономически неэффективным политическим действиям.

Кроме того, геологические оценки всегда получают с помощью лабораторного опробования и, по определению, подвержены ошибкам. Поэтому, оценки извлекаемых запасов, средние содержания, особенности руды и месторождения, которые затрагивают затраты на горное производство и обогащение, а также производительность, являются сугубо вероятными; о них можно рассуждать только в терминах теории вероятностей и вероятных ценностей, а не дискретных и неизменных. Надо признать, что в последнее время более надежные методы бурения и опробования, использование компьютерных программ в соединении с геостатистикой несколько улучшило результаты геологических методов оценки.

Технология

Технологические оценки могут быть разделены на четыре главных подраздела: добыча руды, ее переработка, транспортировка и маркетинг. Первые три основаны на инженерных решениях и часто являются самыми сложными и самыми надежными из всех оценок. Технический анализ затрат может стать основой превосходных прогнозов капитальных затрат и эксплуатационных расходов (при корректных прогнозных ценах материалов, энергии и др. на входе процесса), производительности и в итоге позволит улучшить качество геологической информации. Однако, затраты на добычу, переработку и транспортировку руды зависят не только от технической экспертизы, но также и от оценки количества продукции, которая может быть произведена и продана, особенностей руды, условий добычи и времени завершения строительства. Отказ от учета всех технологических рисков или сопутствующих затрат может легко привести к ошибкам в прогнозе. Например, правительства часто не признают степень влияния на проект технологически связанных внешних последствий (например, технологических затрат, которые не включены в цену продукции, типа затрат на очистку стоков и других выбросов) и затрат на прекращение производства (типа затрат на рекультивацию). С социальной точки зрения, эти внешние факторы должны быть идентифицированы, определены количественно и включены в перечень затрат при оценке.

Инвестиции.

Инвестиционные оценки используют данные геологических и технологических оценок, чтобы рассчитать затраты, производственные показатели и прогнозы цен, а также потоки наличности. Эти данные затем используются для определения сравнительных оценок, типа чистой существующей ценности (NPV), возвратов на инвестициях (ROI), внутренней нормы возврата (IRR), окупаемости, производственных затрат и ценности данной альтернативы. Эти оценки также подвержены всевозможным рискам, вероятным отказам и успеху, прибыли или потерям. Источники ошибок включают: выбор ставки дисконтирования (учетной ставки), соотношения цен, затрат и количества продукции, которые вероятно будут иметь место в будущем; эффекты инфляции, выбор времени капиталовложений и возможные эффекты политических и других рисков и затрат, типа налогов и обменных курсов валют.

Специфические особенности инвестиционного анализа зависят от потребностей субъекта, ожидающего результатов оценки. Можно определить три главных типа таких субъектов: частные инвесторы, правительства и кредиторы. Кредиторы - это коммерческие банки, интересы которых являются довольно узкими, международные кредитные учреждения, типа Международного банка, интересы которого распространяются на социальные и коммерческие проблемы, и дельцов, которые хотят иметь исключительные права на покупку продукции горных предприятий. Другие типы кредиторов включают также кредитно-информационные экспортно/импортные организации, которые интересуются продвижением отечественных производителей и поставщиков в международной торговле.

Так как потребности и интересы этих групп субъектов серьезно отличаются, то не удивительно, что они могут использовать различные методы и исходные данные в своих инвестиционных оценках. Частные инвесторы обычно используют фактические затраты и цены рынка, чтобы провести инвестиционный анализ и определить финансовые возвраты на инвестициях и финансовые риски. Правительства должны также включать в анализ социальные затраты и риски, которые могут быть измерены теневыми ценами (то есть, ценами, которые отражают истинные экономические ценности в странах, где правительственные действия исказили рыночные цены), а не фактические рыночными ценами. Обязанность правительства состоит в том, чтобы эти затраты были включены в процесс оценки проекта. Коммерческие банки интересуются факторами, которые обеспечивают безопасность ссуд, в то время как международные кредитные учреждения могут объединить свои цели с социальными проблемами правительства для снижения финансовых и социальных рисков.

Финансовый анализ

Главная задача финансового анализа состоит в том, чтобы определить, как увеличить и возместить капитал, требуемый для начала и поддержания производства и необходимой инфраструктуры. Это в значительной степени достигается распределением рисков проекта на тех участников, которые находятся в наилучшем положении, чтобы принять их. Такая стратегия приводит к самому низкому суммарному уровню риска и самому низкокзатратному финансовому варианту. Например, инженеры в соответствии с контрактом берут ответственность за риск завершения строительства, так как они находятся в лучшем положении, чтобы управлять строительством проекта и проблемами его завершения. Другие категории и ответственные за риск могут включать риск производства (производственный персонал), инженерный риск (поставщики оборудования), политический риск (страховая компания), рыночный риск (производитель и кредитор), риск создания запасов руды (производитель и кредитор), экологический риск (производитель и кредитор) и риск случайностей (страховая компания).

Капитал для проекта может поступать из разнообразных источников, включая личные сбережения участников, продажу обычных и привилегированных акций, коммерческие и институциональные ссуды, продажу облигаций или других долговых инструментов, фьючерсов на продукцию, которая будет произведена в будущем и различных типов ссуд, существующих при закупке оборудования и услуг. Главная часть финансового анализа должна гарантировать, что все ссуды будут возмещены. Так как финансовый анализ полагается на результаты геологических, технологических и инвестиционных исследований со всеми их ошибками, то вероятность ошибок на данном этапе суммируется. Это создает дилемму, потому что кредиторы в своем большинстве не склонны к риску и работают с очень маленькими прибылями, в то время как оценки горных проектов на данном этапе почти наверняка содержат необнаруженные и суммированные ошибки.

Нормативные методы оценки

Нормативные методы оценки связаны с проблемами справедливости, благосостояния, этики и ценностных суждений. Примеры оценок, требующих этих типов методов - экологические экспертизы, оценки эффектов перераспределения богатства, и определения стоимости обучения и инфраструктуры, чтобы изменить социальное благосостояние населения. Эти проблемы имеют самое высокое значение для страны - хозяина проекта, но они не могут быть так легко определены или измерены количественно, как рыночные цены и затраты. Такие последствия проекта должны быть оценены в свете социальных целей страны. Это очень трудная задача, так как многие цели могут быть неясно определены или быть конфликтными, а многие из социальных эффектов проекта весьма трудно измерить. Однако, независимо от этого будущий успех проекта тесно связан с его социальными последствиями.

5.1.6. Конечные продукты оценки проекта

Утверждение, что цель проектной оценки состоит только в определении ценности проекта, - это чрезмерно упрощенное представление. Проектная оценка приводит к множеству конечных продуктов (результатов), которые используются разными субъектами, чтобы определить оценку проекта и сделать инвестиционные решения. Самые важные из этих конечных продуктов кратко описаны в следующих параграфах.

Неправильно оценивать только единственный проект, как если бы он был изолирован от остальной части экономики или фирмы. У любого решения всегда есть альтернативы. Чтобы правильно определить ценность какого-нибудь единственного проекта, должны также быть определены ценности всех его альтернатив. Например, может быть жизнеспособной альтернатива - не делать ничего или ждать, пока не будет получено больше информации. Простая идентификация возможных альтернатив - это

обязательный первый шаг в процессе оценки, который обеспечивает много информации для лица, принимающего решение.

Ориентировочная модель потока наличности обеспечивает прогноз возможных будущих инвестиционных потребностей и потоков наличности в соответствии с различными предположениями цен, затрат, и объемов производства. Она обеспечивает основание для дополнительного исследования и понимания проекта. Создание такой модели помогает аналитику организовывать мысли и удостовериться, что все уместные переменные и факторы включены в анализ.

Включение в оценку всех связанных с проектом затрат и выгод имеет особое значение в формировании модели потока наличности. Хотя сам формат такой модели помогает аналитикам идентифицировать и включать в нее все выгоды и затраты, но упущения все еще легко могут быть сделаны. Например, аналитики во многих случаях не учитывают затраты на закрытие или отказ от производства. Иногда доход от новой деятельности может представлять собой затраты другого продолжающегося производства, поэтому эти затраты и доход должны быть учтены при оценке истинной чистой ценности. Так например, может иметь место случай, когда изменение технологии добычи для увеличения производительности приводит к возрастанию объемов переработки руды и выхода хвостов.

Идентификация и количественное определение рисков

Полное понимание природы рисков, их последствий, и вероятностей их возникновения – обязательная составляющая любой оценки проекта. Модель ориентировочного потока наличности может помочь в оценке риска в инвестиционном анализе, а также быть средством для определения оптимального риска в финансовом анализе. ***Цель оценки риска состоит не в том, чтобы уменьшить риск (это не может быть сделано анализом), а скорее в том, чтобы увеличить понимание риска так, чтобы могло быть предпринято соответствующее противодействие.***

Есть пять компонентов оценки риска:

1. Идентифицировать риски.
2. Определить последствия учтенных рисков.
3. Определить вероятность возможных событий в будущем.
4. Определить отношение инвестора к риску так, чтобы риски могли быть должным образом оценены.
5. Фактически оценить риски.

Необходимость первого компонента очевидна и не требует доказательств. Второй и третий компоненты необходимы, потому что оценщики должны быть в состоянии отличать:

- риски, которые имеют высокие вероятности возникновения, но вызывают маленькие изменения в оценке и
- риски, которые имеют низкие вероятности возникновения, но вызывают существенные изменения в ценности проекта.

Например, низкая цена за геологоразведку в районе с малой вероятностью обнаружения месторождения должна отличаться от разорительно высокой цены за право на собственность, которая имеет высокий потенциал. Неудача в первом случае не имела бы большого финансового эффекта на инвестора, тогда как во втором случае она заставит инвестора стать банкротом. Четвертый компонент - отношение инвестора к риску - необходим, чтобы позволить аналитику правильно оценить ценность опасного проекта.

Определение риска становится все более и более сложным в горной и энергетической отраслях промышленности из-за потребности включения экологических рисков и затрат в оценку проектов. Правильные измерения экологических затрат или

выгод часто недоступны, и всегда трудно включить эти проблемы в обычный ориентировочный анализ потока наличности. Однако, все эти затраты, выгоды и связанные с ними риски, включая экологические факторы, должны быть рассмотрены, если оценка проекта должна быть полной.

Обычно, чем выше риск, принимаемый инвестором, тем выше средние ожидаемые доходы по всем инвестициям. Без обещания более высоких возвращений, инвестор не имел бы никакой причины рассматривать проекты с более высокими рисками. Если бы минимизация риска была целью инвестора или, если бы не было никакого вознаграждения за риск, то инвестор выбирал бы только ценные бумаги с низким риском, типа американских Казначейских обязательств.

Хотя риск в горнодобывающей промышленности за прошлые 20 лет изменился, он все еще существует и представляет важную часть в оценке любого проекта. Горная промышленность более подвержена политическим и экономическим ударам чем многие другие отрасли промышленности, но награды получает тот, кто рискует.

Понятие награды для тех, кто собирается рисковать, понять легко. Однако, критическое рассмотрение проблем, связанных с рисками, наградами и штрафами, отношением инвесторов к риску со временем усложняется. Для решения их уже предложено множество методов, некоторые из которых рассмотрены в главе 7.

Идентификация критических переменных

Наличие модели потока наличности позволяет оценщикам проводить анализ чувствительности, чтобы понять, какие переменные являются самыми критическими в определении ценности проекта. Аналитики могут затем сосредоточить внимание на этих переменных, чтобы удостовериться, что оценки проекта настолько точны, насколько возможно. Они могут также оценить вероятность отклонений от прогнозных величин и проверить последствия этих изменений.

Идентификация критических ценностей иногда приводит к неожиданностям. Например, аналитики обычно с достаточной точностью могут предсказать капитальные и эксплуатационные расходы, но они имеют намного меньше информации о будущих ценах на продукцию. Исследования чувствительности горных проектов часто показывают, что последствия для проекта от изменения цен на продукцию в 2 раза превышают последствия от такого же изменения капитальных или эксплуатационных расходов. Аналитики часто могут обнаружить, что, несмотря на большие расходы на полный технический анализ, больше информации доступно для менее критических переменных, и есть совсем немного информации о самых важных переменных, которые чаще всего представлены ценами на продукцию.

При близком рассмотрении, некоторые переменные оказываются не такими критическими, как они сначала кажутся, из-за их временного воздействия. Например, неожиданное увеличение эксплуатационных расходов может сохраниться в течение всей жизни проекта, тогда как цены на металлы могут значительно колебаться во времени. Поэтому колебания ежегодных цен, возможно, будут не такими критическими, как долгосрочное изменение эксплуатационных расходов.

Финансовая Оптимизация

Как только будет принято решение о вложении капитала в новый или в существующий проект, то такой капитал должен быть доступен. Хотя существует только два основных источника инвестиционных фондов: собственные средства и кредит, но есть много различий, ограничений и условий, которые усложняют процесс выбора оптимальной комбинации типов и количеств заемных и собственных средств. Этап финансовой оптимизации должен идентифицировать и рассчитать комбинацию, которая приводит к самой низкой стоимости инвестиционных фондов для проекта.

Чтобы определить оптимальную финансовую структуру проекта используются геологические, технологические и инвестиционные исследования совместно с финансовой теорией. Если кредит является предпочтительным, то кредиторы могут провести свои собственные независимые геологические, технологические, и инвестиционные исследования перед принятием решения о предоставлении капитала.

Составление бюджета капитала и дефицитные ресурсы

Составление бюджета капитала подразумевает распределение дефицитных (то есть, ограниченных) ресурсов между участниками проекта. Все участники, как правило, имеют дефицитные ресурсы типа капитала, иностранной валюты, организаторской и контролирующей экспертизы, природных ресурсов, объектов инфраструктуры и ресурсов квалифицированной рабочей силы. Оценщики должны так ранжировать проекты, чтобы идентифицировать те из них, которые являются самыми предпочтительными и возможными для данных существующих бюджетов и целей. Здесь часто неизбежны компромиссы, так как выбор должен быть сделан из многих проектов с различными выгодами и затратами. Приоритеты обычно должны делаться на таких факторах, как низкие начальные требования капитала, ранний положительный поток наличности, низкие налоги и риск проекта, высокий валютный доход, быстрый коммерческий рост, низкие издержки производства, малое экологическое воздействие, широкий выбор трудовых ресурсов, поощрение государством вертикального или горизонтального расширения и большое возвращение на инвестициях. Очевидно, что инвесторы не могут иметь все эти критерии лучшими в каком-то одном проекте, поэтому проблема состоит в определении приемлемых значений (интервалов).

5.1.7. Динамическая природа оценки проекта

Оценка проекта – это продолжающийся процесс, а не одноразовое событие. Многочисленные проекты конкурируют в борьбе за те же самые дефицитные ресурсы в любое данное время. Изменения в бюджете, критериях оценки, затратах или доходах любого из конкурирующих проектов могут изменить результаты конечной оценки и приоритеты для любого рассматриваемого проекта.

Реальные шаги в оценке проекта несколько изменяются в зависимости от существующих обстоятельств и размера инвестиций. Обычно, чем больше инвестиции, тем будет более полное и продолжительное исследование будет предпринято. Например, оценка покупки маленького рудника по соседству с существующим предприятием может потребовать только нескольких недель, тогда как оценка покупки большого числа крупных объектов может занять несколько лет.

Существует теоретическая последовательность оценки, которая принимает во внимание все уместные переменные, однако фактическая последовательность может сильно отличаться от нее из-за нехватки времени, информации, влияния руководителя проекта или лица, принимающего решение.

Как показано на рисунке 5.1. первый шаг в оценке проекта должен определить долгосрочные и краткосрочные интересы и цели. Может показаться ненужным подчеркивать важность определения реалистичных целей, но многие проекты терпели неудачу только потому, что не были сформулированы ясные цели и критерии оценки до начала этого процесса. Много проектов было реализовано, а затем остановлены или прекращены, потому что они не были совместимы с реальными целями и приемлемыми рисками инвестирующей компании.

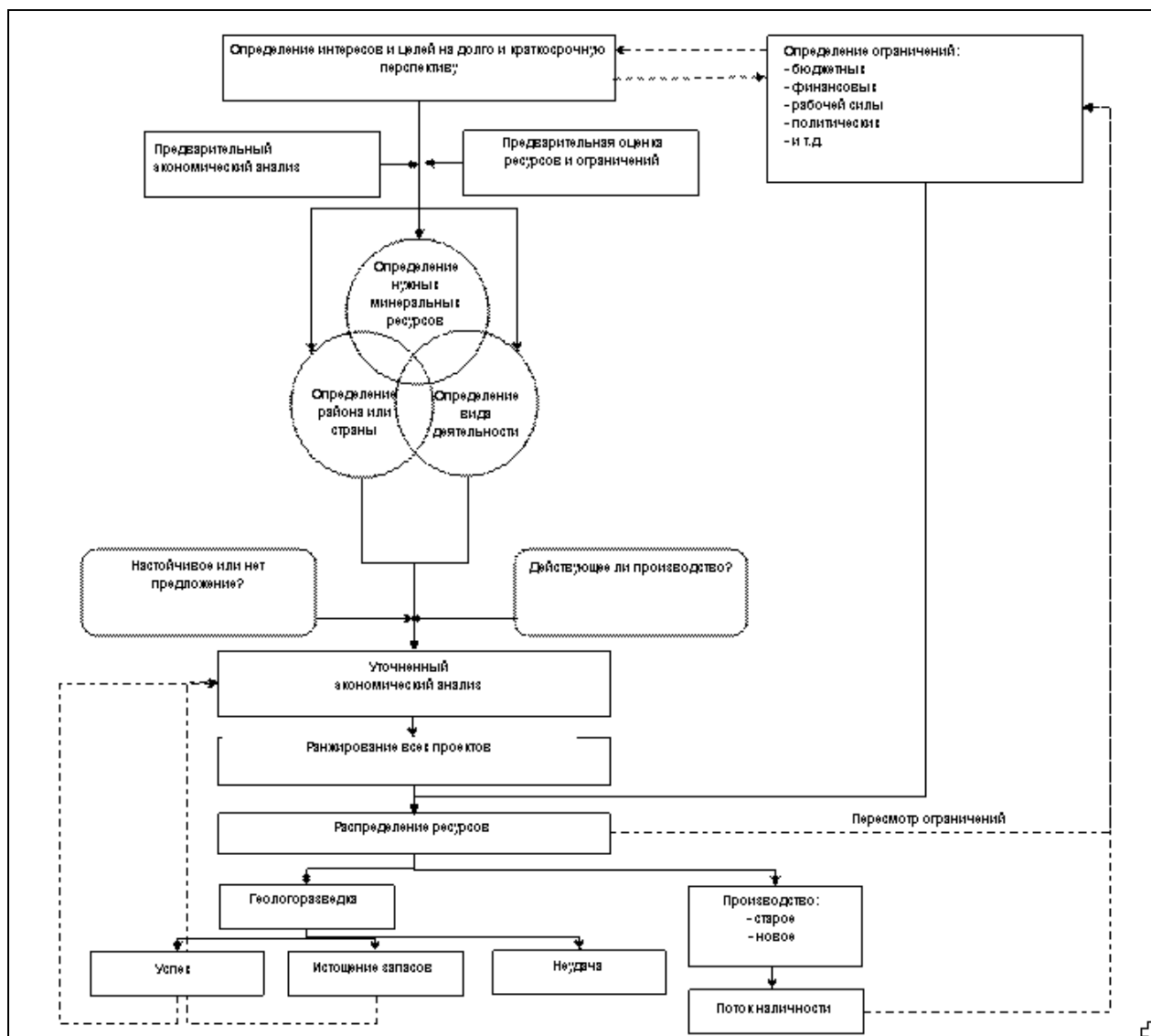


Рис. 5.1. Теоретическая последовательность оценки и реализации горных проектов

Чтобы быть достижимыми, цели должны быть совместимы с доступными ресурсами. Поэтому, все расчеты должны производиться в пределах ограничений, наложенных финансовым бюджетом, проведенной экспертизой, наличием квалифицированной и неквалифицированной рабочей силы и политической окружающей средой. Эти ограничения изменяются во времени и зависят от потребностей и работы продолжающихся проектов, а также от потребностей потенциальных новых проектов. Источники изменения ограничений показаны пунктирными линиями на рисунке 5.1.

Новый проект должен сначала быть оценен на основе предварительной информации в свете известных проектных параметров, существующих целей, и ограничений. Затем корпорация или правительство должны решить, как лучше всего участвовать в развитии проекта. Например, частная фирма может решить искать только определенные полезные ископаемые в выбранных странах. Многие фирмы следовали этим путем в течение 1980-ых годов, когда они искали золото только в Северной Америке и Австралии.

Фирма или правительство должны также решить, каким образом они будут участвовать в горном производстве. Есть много вариантов, таких как ускоренная геологоразведка (и продажа перспективных участков), производство (которое включает контракт на добычу и переработку руды) или маркетинг (который включает посредничество по продаже минеральной продукции). Каждый тип или комбинация действий несут в себе различный набор рисков, затрат и выгод для операции при поставленных целях и ограничениях.

Как было предварительно сказано, всегда существует больше потенциальных проектов, чем доступных ресурсов. Эти проекты включают и заказные и незапрашиваемые предложения, а также предложения от существующих компаний. Очень часто, большие инвестиции в существующие шахты или заводы приводят к очень высоким возвратам. Кроме того, инвестиции в продолжающееся производство почти всегда требуют просто поддержать существующие технологические процессы. Фирмы и правительства во многих случаях могут предпочесть инвестиции в отрасли, не связанные с полезными ископаемыми. Инвестиции в сельское хозяйство или средства обслуживания транспорта могут привести к еще более высоким возвратам, чем инвестиции в хорошее горное предприятие.

Только после того, как все возможные проекты и варианты идентифицированы, можно сравнить результаты экономических исследований индивидуальных проектов. Учитывая цели, ограничения, и особенности каждого из предполагаемых проектов, можно их ранжировать. Затем, зная бюджетные ограничения, могут быть приняты инвестиционные решения, и ресурсы могут быть ассигнованы самому благоприятному проекту или группе проектов. Распределение ресурсов среди новых и существующих проектов обычно изменяет начальные ограничения, как показано на рисунке 5.1.

Решение поместить капитал в геологоразведку может привести к одному из трех результатов: неудача и отказ от продолжения, расходование доступного капитала и успех. Очевидно, только успех может привести к доходам в ближайшее время. И простое расходование капитала и успех разведки требует следующего этапа принятия решений о распределении капитала при новом наборе ограничений.

Оценка любого проекта не делается в вакууме. Она зависит от ценности всех других рассматриваемых проектов и связанных с ними ограничений. Число и типы рассматриваемых проектов, а также цели, ограничения и доступная информация - все это непрерывно изменяется во времени. Поэтому оценка проекта - непрерывный и динамический процесс.

Только что описанный теоретический процесс может иметь другие конфигурации в практике реального мира. Возможно, что многие из сравнений и петель обратной связи будут опущены из-за нехватки времени, влияния руководителя проекта или лица, принимающего решение. И наоборот, часто решение откладывается на неопределенный срок, поскольку должно быть собрано больше исходных данных при быстро изменяющемся рынке или экономических условиях. Эта потребность дополнительной информации может привести к задержкам или отсрочке проекта. Однако, исчерпывающая информация всегда недостижима, и продолжительные поиски дополнительной информации могут привести к результату, иногда называемому “паралич анализа.” В то время, как эти случаи ускоренного или замедленного развития сильно отличаются друг от друга и от теоретической модели, они не обязательно будут лучшими или худшими. Сильное влияние руководителя или лица, принимающего решение, в некоторых случаях может быть оправдано, особенно когда этот человек способен признать, что многочисленные сомнения могут закрыть многообещающий проект. Точно так же и паралич анализа, возможно, не самый худший результат в течение периода больших изменений экономических или финансовых условий. Однако, учитывая большую скорость изменений экономических и рыночных состояний в сегодняшнем деловом мире, часто предпочитается быстрое принятие решений.

Ценность информации

Очевидно, чем больше доступной информации для принятия решения, тем решение должно быть лучше. Однако, так как инвесторы никогда не смогут получить всю информацию, которую они желали бы иметь, то они должны принять решения в условиях относительно несовершенной информации. Проблема в том, чтобы решить, принять ли решение на основе доступной информации или собрать больше информации. Так как

информация является дорогостоящей, а задержка в осуществлении проекта уменьшает потенциальную прибыль, то эта проблема не тривиальна.

Ответ экономиста такой, что данные должны собираться до тех пор, пока стоимость последнего бита собранных данных, не будет равняться выгоде, которую можно получить с помощью этих данных. Хотя это теоретически правильно, но определение предельных затрат и выгод от сбора данных чрезвычайно трудное дело на практике. Например, если идея (проект) состоит в том, чтобы прекратить горные работы из-за чрезмерного геологического риска, то более тщательная разведка, возможно, могла бы уменьшить риск до приемлемого уровня. Однако, если при этом оценщики могут предсказать стоимость дополнительной разведки, но они не могут предсказать ее результатов.

Есть несколько подходов к определению ценности дополнительной информации. Согласно одному из них информация имеет ценность только, если она может повлиять на действия лица, принимающего решение. Если наличие новой информации действительно приводит к серьезным изменениям, то ценность этой информации зависит от количества неопределенности, прибыли, и отношения к риску лица, принимающего решение. Обычно, если лицо, принимающее решение, относится к риску нейтрально, то ожидаемая ценность информации – это разница между ожидаемой ценностью лучшей альтернативы с использованием дополнительной информацией и ожидаемой ценностью лучшей альтернативы без такой информации. Если инвестор не склонен к нейтральному риску, то ценность информации равна затратам, которые делают лучшую альтернативу с информацией равной лучшей альтернативе без информации, что лучше всего определяется методом проб и ошибок.

Другой подход предлагает определять ключевые переменные, используя анализ чувствительности (который обсужден более подробно ниже). После этого, ключевые переменные должны быть проверены, чтобы оценить, насколько точно они должны быть известны. Задача состоит в том, чтобы определить вероятные потери из-за недостаточного знания ключевых переменных.

Еще один метод определения ценности информации состоит в том, чтобы определить максимальную ценность наличия новой информации, даже в том случае, когда аналитики не знают точных затрат на получение этой информации. Эта процедура устанавливает верхний предел возможных затрат для получения дополнительной информации.

5.2. Недисконтированные методы оценки

Есть шесть недисконтированных методов для того, чтобы определить ценность или осуществимость инвестиционной возможности:

- сравнение с характеристиками аналогичных проектов
- оценка предельной ценности действующего производства
- определение ценности альтернативного варианта
- сравнение с доходом аналогичных предприятий
- оценка окупаемости инвестиций
- определение затрат

5.2.1. Сопоставимая (справедливый рынок) оценка

Хотя есть много способов определить ценность проекта, один из самых надежных и наиболее подходящих для принятия решения, основан на цене, соответствующей фактическими сделками рынка. Истинная ценность, или справедливая рыночная стоимость проекта определяются как цена, которую желают платить потенциальные и хорошо осведомленные покупатели на конкурентном рынке.

Разновидности

Есть, по крайней мере, три основных разновидности этого метода. Первая - общий подход, который состоит в определении ценности всего проекта путем сравнения его с ценностями подобных проектов при подобных обстоятельствах. Часто оцениваются таким способом здания или оборудование. Ценность дома может быть определена последними коммерческими ценами подобных зданий. Этот метод определения сопоставимой ценности наиболее труден в горных проектах, т.к. большинство проектов имеют множество уникальных особенностей, которые усложняют прямые сравнения, типа качества и количества руды, затрат на добычу и переработку, объемов производства и продукции, местоположения и времени добычи.

Вторая разновидность очень похожа на первую за исключением того, что ценность определяется на единицу продукции, например, на тонну или баррель. Так ценность дома могла бы быть выражена в долларах на квадратный метр или квадратный фут жилой площади. Предприятие по добыче низкосернистого угля могло бы быть оценено использованием исторической цены продажи тонны такого же угля на других подобных предприятиях. Различия в типе минеральной продукции и особенностях производства будут отражены в ценности ее единицы. Этот метод используется, чтобы определить ценность больших угольных и нефтяных проектов и компаний, а также некоторых месторождений драгоценных металлов и компаний по их добыче. Он обычно упоминается как метод определения роялти или метод сопоставимых сделок.

Время оценки проекта также должно быть учтено при этом подходе. Например, в 1997 г, угольные компании, которые работали в области с развитой угольной промышленностью, типа Западной Виржинии должны были добывать уголь в расчете на будущие цены или роялти приблизительно 1.10 \$ на тонну в массиве. Те же угольные предприятия 20 лет спустя будут иметь лицензионные платежи только около 0.17 \$ - 0.22 \$ на тонну. Различие в ценности полностью относится к временной ценности денег и большим рискам, связанным с покупкой запасов, которые будут обрабатываться в будущем.

Надо отметить, что даже если горные предприятия в определенной области были бы идентичны, то время отработки может быть другим просто потому, что нет возможности отработать всю руду в регионе мгновенно. В этом примере, как и в других случаях, непозволительно использовать метод сопоставления ценности, не принимая во внимание время добычи. Это - обычные ошибки правительств при определении ценности запасов в целях налогообложения. Например, Западная Виржиния имеет огромные запасы угля, и уголь - главный источник налогов в государстве. Среди многих граждан существует популярная концепция, что раз государство имеет 31 820 миллионов тонн годного к добыче угля и что уголь, который будет добыт в будущем, продается приблизительно по 1.10 \$ за тонну в массиве, то еще не добытый уголь для государства имеет полную налоговую ценность 35 000 миллионов \$. Однако, это привело бы к оценке 200 летней работы по добыче угля в штате при текущей производительности разрезов. Следовательно, цена, которую инвесторы платят сейчас за уголь, должна изменяться от 1.10 \$ за тонну для угля, добытого сегодня, до прогрессивно уменьшающейся цены для угля, который будет добыт в будущем. Уголь, который будет добыт через 10 лет, сегодня продадут за 0.11 \$ за тонну, а уголь, который будет добыт через 20 лет, продадут приблизительно за 0.011 \$ за тонну. Уголь, который будет добыт через 40 или больше лет будет продан еще намного дешевле с позиций сегодняшнего дня. В результате полная ценность не добытого угля в этом регионе - приблизительно 2 000 миллионов \$, а не 35 000 миллионов \$.

Третья разновидность метода сопоставления ценности - сравнить ценность двух или более торгующих на рынке компаний на основе биржевых цен. Если одна из компаний не торгует на рынке, то финансовые и производительные параметры для нее, взятые, как

биржевые индикаторы, могут быть определены и сравнены. Оценка проекта рынком зависит не только от того, что рынок конкретно думает о проекте или рассматриваемой компании, но также и от того, что он думает о проекте или ценности компании сравнительно со всеми другими участниками рынка. Этот метод оценки, хотя и применяется, но часто не определяет истинной ценности нового минерального проекта из-за нехватки информации или чрезмерно оптимистической оценки перспективы.

Важные предположения

Намного правильней интерпретировать намерения покупателя или продавца в сделках, используя метод сопоставимой ценности. Сопоставимый коммерческий анализ обычно применим, если ценность сделки представляет справедливую рыночную стоимость рассматриваемой собственности. Эта стоимость может быть определена как цена, которую покупатель и продавец считают справедливой при отсутствии любых внешних обстоятельств, которые вынудили бы владельца продать или покупателя купить. Фактическая ценность сделки может отличаться от справедливой рыночной стоимости, если покупатель или продавец имеют специальные интересы или ограничения. Например, условия, связанные с ликвидацией или конфискацией могут заставить продавца принимать меньшую цену, чем справедливая рыночная стоимость других подобных производств. С другой стороны, существуют обстоятельства, когда покупателю, , придется заплатить больше чем справедливая рыночная стоимость.

Другая главная проблема в методе сопоставимой ценности связана с идентификацией того, что было передано в сделке и удостоверением, что виды передаваемых активов соответствуют оцененной собственности. Например, часто собственность, содержащая и полезные ископаемые и поверхностную инфраструктуру, покупается только как полезные ископаемые. Например, угольный разрез мог бы купить месторождение угля без учета ценности поверхностных строений, так как они будут все равно разрушены в процессе горной добычи. В этом случае, ценность строений не должна вычитаться из отпускной цены, чтобы определить ценность угля. На практике и покупатель, и продавец должны сотрудничать, чтобы сделка была оценена правильно.

Когда происходит прямая покупка всех активов (неограниченная (fee simple) сделка), то полезные ископаемые и право на их добычу обычно передаются. С другой стороны, могут быть куплены только полезные ископаемые, если права на разработку были отделены от недр. В таких случаях, может быть необходимым определить цену права на добычу полезных ископаемых от цены полезных ископаемых, чтобы провести корректный сопоставимый анализ ценности. Это часто имеет место при открытой разработке угля, т.к. уголь и инфраструктура на поверхности обычно имеют различных владельцев, и право на горные работы часто равняется величине роялти за добычу угля.

Оценка других активов, типа ценных лесов, уникальных природных условий, исторических зданий, которые не будут нарушены в процессе горных работ, должна быть выполнена отдельно и исключена из цены сделки, чтобы определить только ценность полезного ископаемого. Этот расчет трудно выполним с большой точностью, и в нем могут встречаться ошибки. Единственный путь, которым эта проблема может быть полностью решена, состоит в том, чтобы иметь информацию о достаточно большом количестве производств для определения статистически корректной средней ценности. При этом способе, минеральные ценности, определенные для любого данного проекта, могут быть ошибочны, но средняя ценность будет правильной в пределах известного диапазона.

5.2.2. Оценка закрытия производства (Breakup Value)

Ликвидационная цена существующего проекта или компании может быть определена с помощью цен индивидуальных наличных активов. Эта цена известна, как величина breakup (или book asset) и может быть рассчитана тремя способами:

(1) определяют сегодняшнюю ликвидационную цену, если активы должны будут проданы быстро в чрезвычайной ситуации;

(2) определяют аукционную ценность активов, если они должны были быть проданы организованным способом; или

(3) определяют цену всех отдельных частей собственности, если активы должны были быть проданы раздельно.

Ценность активов в этих трех методах может быть оценена опытным оценщиком, дающим фактическую оценку рынка или, менее точно, на основании относительной стоимости основного капитала.

5.2.3. Восстановительная стоимость

Такая оценка (Replacement value) широко использовалась, чтобы оценивать активы, но иногда с плохими результатами. Объяснение состоит в том, что покупка актива по цене меньше чем стоимость его замены (то есть, затрат на замену актива сопоставимым имуществом) является всегда желательной. Однако, это - не всегда точный определитель ценности сделки, особенно когда местоположение или технология актива фиксированы, например - рудник и ОФ. Бедный рудник и завод с устаревшей технологией не украсят сделку даже по стоимости ниже их восстановительной стоимости. В будущем ситуация на рынке может измениться, поэтому восстановить рудник или завод по ценам, определенным предшествующим рынком, может не всегда быть оправдано.

Тем не менее, запасы руды могут быть оценены на основе их восстановительной стоимости. Например, стоимость покупки запасов может быть сравнена со стоимостью геологоразведки, чтобы оправдать или покупку запасов или проведение дополнительных исследований. Такое использование понятия восстановительной стоимости может быть оправданным, если при сравнении надлежащим образом учитываются качество и количество запасов, местоположение предприятия и риски.

5.2.4. Окупаемость

Число лет, требуемых, чтобы совокупный поток наличности предприятия достиг нуля называют периодом окупаемости (или выплаты кредитов). Это обычно используемый в течении многих лет инструмент оценки проектов. Объяснение состоит в том, что наиболее предпочтителен более короткий срок возвращения инвестиций. В то время как этот метод косвенно признает временную ценность денег, он не принимает во внимание полную выгоду от проекта в течение его жизни. Однако, окупаемость капложений обычно используется как эффективное средство оценки риска. В большинстве случаев, чем дальше в будущее должен быть сделан прогноз, тем более вероятно, что прогноз будет неправильным. Поэтому, один из способов уменьшить риск состоит в том, чтобы вернуть инвестированный капитал как можно скорее, предотвращая таким образом потери, вызванные непредсказуемыми будущими событиями. Вообще, проекты с периодами окупаемости более 7 - 8 лет, как полагают, являются опасными или дают низкие возвращения на инвестициях.

Так как этот метод не учитывает полный поток наличности предприятия или распределение потоков наличности по жизни проекта (временной ценности денег), то он – не подходит для оценки проектов, если используется только он один. Обычно он используется как проверочный критерий (или ограничение) в соединении с другим методом оценки, типа чистой существующей ценности (NPV).

Например, при оценке освоения богатого месторождения в отдаленной и политически нестабильной области проект может иметь очень привлекательную норму возвращения инвестиций, но управление компанией, вероятно, не будет принимать решения, пока не будет гарантировано, что окупаемость может быть достигнута не меньше чем через 2 года. При таких условиях инвестиции должны возмещаться в очень короткие промежутки времени.

5.2.5. Анализ затрат

Низкие эксплуатационные расходы - одна из ключевых характеристик выгодного горного проекта. Если средние издержки производства проекта будут меньше чем в конкурирующих фирмах, то он, вероятно, лучше переживет периоды низких цен и низкого спроса. Поэтому, если производственные затраты проекта находятся в нижней части кривой отраслевых затрат, то он может быть более способен к выживанию, даже при том, что будущие экономические факторы, типа изменения рыночных цен, не могут быть предсказаны. Кроме того, как только кривая отраслевых затрат идентифицирована, то оценка спроса даст точную оценку рыночных цен на товар. Знание структуры отраслевых затрат - мощный инструмент в оценке проекта.

Для успешного анализа отраслевых затрат следует последовательно идентифицировать и рассмотреть различные статьи затрат каждого производителя в отрасли. Эта задача более трудна, чем может сначала казаться, потому что

(1) горные компании в различных странах имеют различный бухгалтерский учет и методы налогообложения и

(2), затраты обычно суммируются различными способами на разных стадиях анализа производства в пределах одного предприятия.

Важно правильно идентифицировать все затраты, чтобы выполнить их корректный анализ. Однако, эта задача не всегда правильно осуществляется на практике. Например, затраты, связанные с политическими рисками, неожиданными экологическими или социальными факторами, отказом от проекта являются значащими, но часто игнорируются.

Использование анализа затрат

Анализ затрат используется, чтобы предсказать действия индивидуальных производителей в рассматриваемой отрасли. Так как прошлые капиталовложения являются скрытыми (sunk) затратами, то они не влияют на будущие действия существующих производителей. Поэтому, затраты для определения будущей деятельности существующих или новых производителей включают только реальные эксплуатационные расходы и резерв для требуемых будущих затрат капитала. Чтобы правильно сравнивать общие затраты существующих производителей с таковыми для нового производителя, прошлые капиталовложения должны быть исключены из затрат существующего производства.

В некоторых случаях сравнение затрат должно включать анализ затрат компаний, использующих горную продукцию. Например, в случае анализа издержек на производство энергетического угля для учета различий в качестве угля и результирующих затратах на производство энергии было бы уместным сравнить общую стоимость производства электроэнергии.

Анализ затрат может также использоваться, чтобы определить сумму ренты, которая может быть включена в любую горную деятельность. Корректная идентификация и определение размеров ренты имеет первостепенную важность для правительств, потому что они формируют этим основание для определения уровня налогов, которые могут быть получены, не затрагивая инвестиционные решения производителя. Экономическая рента для любого существующего предприятия определяется как разница между сбалансированными затратами и ценой. Экономическая рента для нового проекта равняется цене минус общие затраты, которые включают возмещение капитала плюс некоторая минимальная норма прибыли.

Когда компания находится в стадии перепроизводства, которое часто имеет место, цена находится под влиянием сбалансированных затрат производителя с самой высокой себестоимостью, продукция которого необходима, чтобы удовлетворить спрос. При этих условиях график совокупных затрат отрасли представляет собой кривую поставок (предложения), а пересечение кривой сбалансированных затрат и кривой спроса

определяет разумную и достижимую рыночную цену произведенного товара (хотя другие факторы, типа рыночных спекуляций и размера акционерного капитала также затрагивают товарные цены). Цена определяется пересечением кривой отраслевых затрат с кривой спроса. Однако, суммарная кривая затрат различается среди производителей никеля, которые зависят или не зависят от цены этого металла. Южноафриканские платиновые компании и российские производители никеля (до 1994) выпускали никель независимо от цены на него.

Проблемы и недоразумения

Анализ затрат - мощным предприятиям стремятся находиться в нижней категории затрат, что очевидно невозможно. Таким образом, не все новые проекты могут использовать низкие затраты как критерий выбора для инвестиций. С другой стороны, даже производство с высокими затратами может быть выгодным, если цены растут. Следовательно, важность низких затрат для горных компаний может измениться с ситуацией на рынке и положением конкурентов - производителей.

Во-вторых, некоторые анализы затрат, возможно, не учитывают, что производство и затраты управляемы, иногда в значительной степени, и что и затраты, и производство могут быть отрегулированы так, чтобы отвечать требованиям, продиктованным рынком и ценами. Во времена низких цен, менеджеры могут закрыть высокозатратные и низкокачественные производственные процессы, чтобы поддержать необходимую величину прибыли. Когда цены увеличиваются, то более высокие затраты и процессы с более низким качеством продукции могут быть снова допустимы. Однако, анализ затрат становится еще более мощным инструментом оценки, когда он объединяется с анализом реализации продукции, т.к. производственный персонал при этом привыкает действовать в изменяющихся экономических условиях.

В-третьих, анализ затрат не освобождает лицо, принимающее решения, от необходимости делать трудные прогнозы будущих цен. Он требует, чтобы такие прогнозы были сделаны также и для цен входных производственных факторов, типа рабочей силы и энергии; эти прогнозы, как и прогнозы цен на продукцию, являются в большой степени неопределенными. Однако, преимущество такого прогноза состоит в том, что колебания цен на материалы, энергию и т.п. обычно не столь значительны, и они могут быть предсказаны с большей точностью чем цены на продукцию минеральных продуктов.

Другой фактор беспокойства связан с тем, что из-за частых изменений обменного курса валют или наличия правительственных субсидий реальные экономические затраты часто не отчетливо видны производителю. В этих случаях видимые на поверхности затраты, не являющиеся на самом деле истинными экономическими и свободными от любых искажений, диктуют действия производителя. Однако, истинные экономические затраты важны для правительств и международных финансовых организаций, чтобы гарантировать максимальное экономическое развитие и эффективное распределение ресурсов в пределах страны.

Еще одна проблема состоит в том, как рассматривать прибыль и затраты всего выпускаемого ассортимента продукции. Эта проблема решается определением чистых прямых эксплуатационных расходов на каждую операцию. Перед этим надо решить, что является побочным продуктом, и какой продукт - главный, как, например, в случае свинцово-цинкового производства, где оба металла производятся в равных количествах.

5.3. Анализ дисконтированного потока наличности

Можно утверждать, что ценность проекта - это величина будущих потоков наличности проекта (или другой вид чистой прибыли) минус необходимые инвестиции (или затраты). Однако, время, в которое инвестиции вложены и прибыль получена, также является важным фактором. Рассмотрение настоящих и будущих инвестиций и размеров дохода в течение долгого времени формирует основание для всех видов анализа

обесцененных потока наличности, типа будущей ценности, чистой существующей ценности (NPV), внутренней нормы возвращения (IRR), и отношения прибыль/затраты.

5.3.1. Поток наличности (CF)

Поток наличности – это бухгалтерский термин, который представляет собой сумму всех денежных поступлений минус операции с наличностью и фактические капиталовложения в конце года для данной производственной единицы. Он представляет собой количество наличных денег, остающихся у компании после уплаты налогов, которые получены или потеряны в течение года. Поток наличности для горной компании в течение каждого года складывается из выручки, инвестиций и затрат. Потоки наличности могут быть или положительными или отрицательными; положительные потоки уменьшаются на величину выплаты по займам. Потоки наличности могут быть вычислены или на постоянном или текущем (с учетом инфляции) денежном основании, но независимо от этого, все цены, затраты и нормы должны быть выражены применительно к используемому основанию.

Прогнозный или приблизительный поток наличности проекта является основанием для множества экономических методов оценки. Однако, прогноз будущих потоков наличности проекта может вызывать проблемы. Одна из главных проблем – это предсказание цены на продукцию на весь срок жизни проекта, который может быть равен 20 годам или больше. Другие проблемы бывают связаны с прогнозом эксплуатационных расходов и начальных затрат капитала, количеством произведенной продукции, временем запуска производства, вероятностью и возможными эффектами таких непредсказуемых событий как наводнения, несчастные случаи, и политические события.

Для анализа потока наличности все внешние факторы должны, по возможности, быть идентифицированы, определены количественно с максимальной степенью точности и включены в расчет или, по крайней мере, рассмотрены совместно с его результатами, ости для того, чтобы принять обоснованное решение. Например, если выбросы будущего производства вызывают беспокойство правительства, то затраты на ликвидацию загрязнений должны быть включены в затраты проекта и расчет потока наличности.

Кроме того, при определении потоков наличности должны использоваться реальные входные и выходные цены материалов (энергии, рабочей силы и т.п.) и готовой продукции. Рыночные цены в развивающихся странах могут быть искажены правительством и, возможно, не будут соответствовать истинным ценам, определяемым рынком. Если в проекте используются искаженные и нереалистичные цены, или другие факторы (типа обменных курсов валют) будут игнорированы, то будет получена некорректная оценка, по которой вероятно будут приняты ошибочные решения.

Пример расчета потока наличности показан в таблице 5.1. Доходы определяются сначала с учетом прямых эксплуатационных расходов, чтобы определить текущую выручку. Платежи роялти (часть прямых эксплуатационных расходов) обычно включаются как расходы из доходов брутто, чтобы получить в итоге чистые доходы. Доходы и затраты рассчитываются для производства и продажи всех основных и побочных продуктов. Затем должны быть определены косвенные затраты, которые включают также проценты и накладные расходы. Чтобы определить проценты, затраты капитала, и выплаты по кредитам, сначала должна быть известна структура обязательств компании. Вычитание косвенных эксплуатационных расходов из текущей выручки дает прибыль перед оплатой налогов.

Таблица 5.1. Пример расчета потока наличности

Показатели	Годы				
	0	1	2	3	10
Количество продаж:					
Продукт 1		100	100	100	100

Продукт 2 (побочный продукт)		50	50	50	50
Цены (с учетом роялти):					
Продукт 1		4.25	4.25	4.25	4.25
Продукт 2		2.0	2.0	2.0	2.0
Суммарный доход		525	525	525	525
Производственные затраты:					
Прямые удельные затраты (Продукт 1)		-2.75	-2.75	-2.75	-2.75
Суммарные прямые затраты		-412.5	-412.5	-412.5	-412.5
Производственная прибыль		112.5	112.5	112.5	112.5
Косвенные затраты:					
Накладные расходы		-29	-29	-29	-29
Процент за кредит		-5	-2	0	0
Прибыль перед уплатой налогов		79	82	84	84
Амортизация, истощение недр					
Прямая амортизации (10 лет)		2	2	2	2
Процентное истощение (10%)		38	40	41	41
Затраты на истощение (10 лет)		1	1	1	1
Полные отчисления на истощение		38	40	41	41
Амортизация+ истощение		-40	-42	-43	-43
Налоговая основа		39	40	41	41
Налоги (46%)		-18	-18	-19	-19
Капитальные затраты:					
Геологоразведка	-5				
Горно-капитальные работы	-6				
Завод, инфраструктура	-12				
Оборотный капитал	-149				149
Всего	-172	0	0	0	0
Поток наличности (ПН)	-172	61	64	65	214
Отношение заемных и собственных средств = 0.3					
Процент за кредит (9.5%)	-52	-52	-21	0	0
Погашение долга (максимум - 0.5* Поток наличности)	0	-31	-21	0	0
Поток наличности за счет собственных средств	-120	31	42	65	214
Оценка ПН перед погашением долга (CF)	Оценка ПН за счет собственных средств (CFE)				
NPV CF при MARR* - 15% = 186 (156?)	NPV CFE при MARR* - 15% = 195				
NPV CF при MARR* - 40% = -13	NPV CFE при MARR* - 40% = 6				
IRR CF = 36.77%	IRR CFE = 41.64%				

*MARR – минимальная приемлемая норма возвращения

На следующем шаге необходимо вычислить налоги. Это делается, вычитанием всех допустимых «затрат» из прибыли до уплаты налогов, типа амортизации и истощения, чтобы получить налоговую основу. Амортизация и истощение - безналичные затраты, которые используются только для определения суммы налогов и не имеют никакого другого использования в расчете потока наличности. Значение амортизации и истощения, как безналичных отчислений, часто неправильно понимается, потому что эти две статьи иногда также используются как источники фактических ежегодных капиталовложений в анализе затрат.

График амортизации создается в реальном времени с учетом сроков полезного использования основных средств и затрат, связанных с амортизируемыми объектами. Метод амортизации зависит от налогового кодекса и целей правительства страны или штата и может изменяться во времени. Почти все правительства признают какую-либо форму амортизации в их налоговых кодексах. Прямая амортизация является самым распространенным методом, используемым в начальных оценках, и заключается в делении стоимости капитального актива на его полезный срок службы для того, чтобы определить ежегодную амортизацию. Более сложные методы амортизации, учитываемые налоговыми кодексами, используются в заключительных оценках. Правительства очень внимательно рассматривают этот аспект, так как более высокие нормы уменьшают налоги и увеличивают прибыль проекта. Если правительство желает поощрить промышленную деятельность, оно может увеличить норму амортизации. Все доступные варианты амортизации должны быть исследованы перед тем, как определить заключительную ценность проекта.

Программа пособий на истощение запасов также позволяет уменьшить налогооблагаемый доход. Она необходима потому, что отработка минерального месторождения исчерпывает его запасы, которые могут быть "возобновлены" только с помощью дополнительных затрат на приобретение (разведку) другого месторождения. Пособия на истощение также зависят от налогового кодекса и целей правительства страны или штата и могут изменяться во времени. Так американский налоговый кодекс до последнего времени учитывал истощение, которое вычисляется или на основе затрат капитала и производительности добычи или на основе процента от чистого дохода, в зависимости от того, что является наибольшим, с соблюдением определенных ограничений. Были многочисленные предложения отменить пособия на истощение в Соединенных Штатах, что в результате уменьшило бы доходность и привлекательность (для инвесторов) горного производства. Как и с амортизацией, все доступные варианты истощения должны быть исследованы, чтобы определить заключительную ценность проекта.

Затем могут быть определены Налоги умножением налоговой основы на налоговую ставку. Если при этом получаются отрицательные налоги, то налоговые уставы часто позволяют применять в этих случаях налоговые скидки до наступления будущих выгодных периодов работы компании. Родительские Компании могут использовать налоговые потери их филиалов, чтобы корректировать с их помощью налоги с доходов всей корпорации в текущем году.

Теперь может быть определена Прибыль после вычитания налогов. Все, что остается сделать, это - включить все виды капиталовложений, кредиты капитала (несамортизированные активы и излишек оборотного капитала), капиталовложения последнего периода и долговые выплаты, чтобы определить окончательный поток наличности. Затраты капитала вычитаются в том периоде, когда они фактически израсходованы.

Часто игнорируемая категория капитала - оборотный капитал, который является частью затрат на финансирование складов, материальных запасов и компенсации дебиторской задолженности. Количество оборотного капитала зависит от полных эксплуатационных расходов и времени между расходом затрат и получением оплаты за готовую продукцию. Этот период непостоянен, но часто он может быть принят равным 1 - 4 месяцам работы производства. В отличие от капитала, истраченного на основные средства, инвестор возвращает оборотный капитал, когда производство закрывается. Требования к размеру оборотного капитала изменяются с изменением эксплуатационных расходов. Завод, который увеличивает производство в течение долгого времени, требует постоянных вливаний оборотного капитала. Ежегодное возрастание оборотного капитала - особенность быстро расширяющегося производства. Однако инфляция также будет

требовать добавлений к оборотному капиталу, даже если производительность останется постоянной.

Поток наличности может быть определен или с учетом, или без учета заемных средств. Игнорирование долга, процентов и долговых выплат упрощает анализ потока наличности, однако большие проекты обычно привлекают значительное количество кредитов, эффекты которых должны быть тщательно проанализированы с использованием модели потока наличности.

Анализ потока наличности может быть построен или на постоянном, или на текущем денежном основании. Начальный анализ потока наличности почти всегда строится на постоянной основе, потому что учет инфляции сильно усложняет анализ. Однако, расчет заключительного потока наличности должен быть выполнен на текущих денежных оценках (после вычета налогов) с полным учетом движения заемных средств, так как это в наибольшей степени приближает расчеты к реальному миру.

Два заключительных потока наличности показаны в таблице 5.1.:

- (1) поток наличности перед выплатой долгов и
- (2) поток наличности для собственных средств (после выплаты долгов).

Хотя расчет полного потока наличности проекта имеет большое значение в заключительном анализе, но только поток наличности с учетом собственных средств дает реальные цифры возвращения для фактически инвестированного капитала.

Последние строки в таблице 5.1. показывают чистую существующую ценность (NPV) и внутреннюю норму возвращения (IRR). Это – главные инвестиционные параметры, основанные на ежегодных величинах потока наличности, временной ценности денег в соответствии с принятой учетной ставкой (MARR – это минимальная приемлемая норма возвращения) и времени образования потока наличности.

5.3.2. Дисконтированный поток наличности

Так как инвесторы предпочитают получать прибыль как можно скорее, то ценность каждого произведенного годового потока наличности в течение жизни проекта может быть рассчитана с учетом временной ценности денег. Это делается дисконтированием (обесцениванием) величины будущего дохода (FV_t) с помощью соответствующей учетной ставки i и рассматриваемого периода времени t , чтобы определить его существующую ценность (PV_t), или

$$PV_t = \frac{FV_t}{(1+i)^t} \quad (5.1.)$$

Это выражение может быть переписано в терминах потока наличности, чтобы показать соотношения между будущими ежегодными потоками наличности (CF_t) и обесцененными значениями ежегодных потоков наличности (DCF_t):

$$DCF_t = \frac{CF_t}{(1+i)^t} \quad (5.2.)$$

Сумма ежегодных обесцененных потоков наличности дает существующую ценность всего потока проекта для начального периода времени. Чем дальше в будущем должен быть получен поток наличности, тем выше дисконтный фактор и ниже сегодняшняя оценка потока наличности.

Анализ DCF был самым распространенным методом для выполнения оценки проектов и планирования недостающего капитала в течение нескольких прошлых десятилетий. Он основан на анализе потоков наличности и легко понимается инженерами и экономистами. Однако, этот метод оценки имеет множество серьезных проблем, часть из которых рассматривается ниже. Степень уменьшения сегодняшней величины потоков наличности в более поздние годы зависит от величины учетной ставки и числа лет (рис. 5.2.).

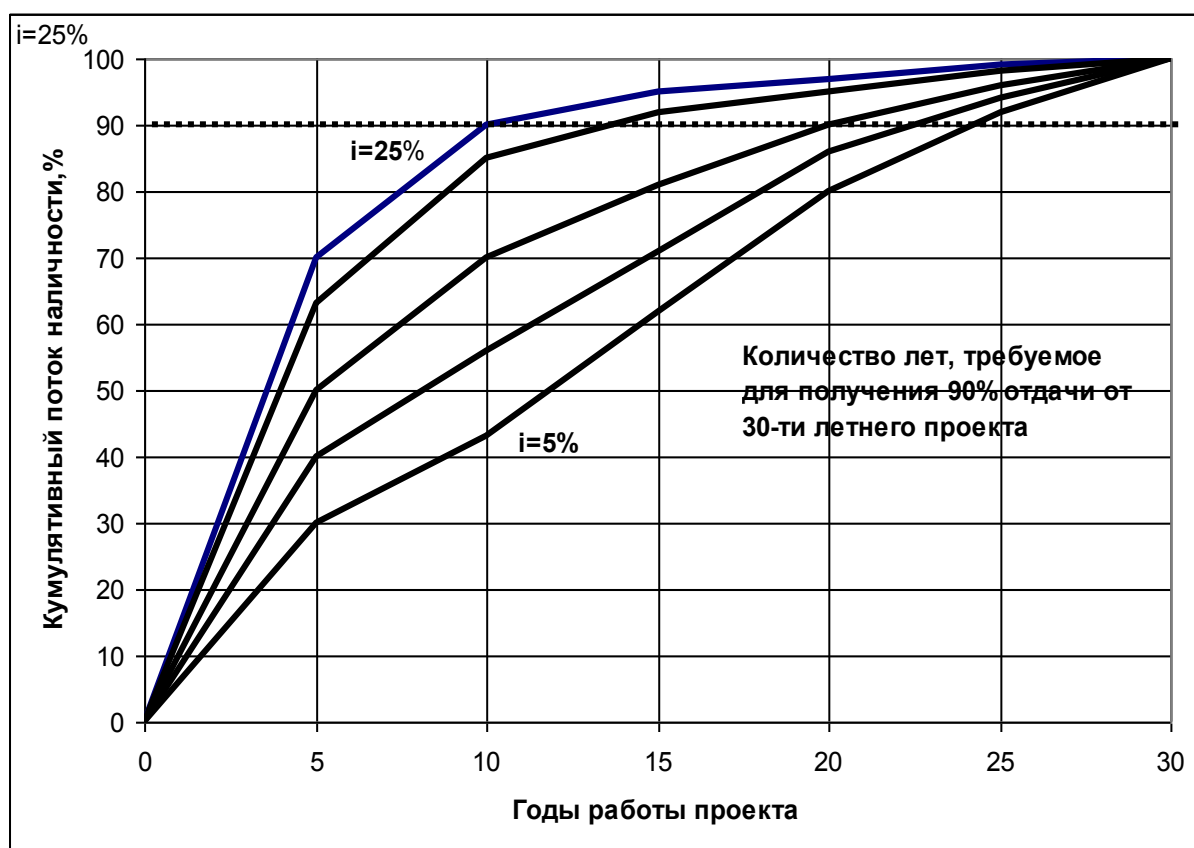


Рисунок 5.2. Влияние времени и учетной ставки (i) на поток наличности

Тот факт, что величины потоков наличности в первые несколько лет более важны для сегодняшней оценки, чем более поздние потоки, имеет несколько последствий. С точки зрения точности прогноза, меньшая важность будущих доходов положительна, так как длительные прогнозы скорее всего будут ошибочными. С другой стороны, дисконтирование может существенно недооценивать важные долговременные кредиты, типа затрат на рекультивацию и убытки, которые будущие поколения должны будут взять на себя. Кроме того, дисконтирование может недооценить долгосрочные проекты, потому что вес более поздних достаточно реальных доходов может быть приуменьшен.

Например, доходы от создания нового национального парка могут быть недооценены, потому что будущие поколения, оказавшиеся перед дефицитом естественных природных ландшафтов, могут осознать более высокую ценность в таком парке, чем люди сегодня.

Или например, сравним ценность горного 30-ти летнего проекта с запасами руды на 300 лет с подобным проектом, но с количеством запасов только на 30 лет. На основе анализа сегодняшней ценности будущих потоков наличности оба предприятия стоят одинаково, потому что по условию остающиеся запасы первого проекта не будут добываться до окончания 30-летнего периода. Однако, первый проект может быть продан по большей цене чем второй, потому что дополнительный тоннаж представляет реальную перспективу для будущего производства. Поэтому для оценки долговечных проектов необходимо использовать дополнительные методы анализа.

Инфляция приносит специфические проблемы в процесс анализа DCF. Если предполагают, что инфляция равна нулю, то все затраты, цены, процентные и учетные ставки должны использоваться в постоянной денежной оценке; в другом случае все эти значения должны быть рассмотрены в текущих ценах. Смешивать текущие и постоянные цены в одном анализе недопустимо.

Анализ DCF является статическим в том смысле, что он недостаточно хорошо учитывает неопределенность и не признает возможности производства реагировать на изменение экономических условий в будущем. Однако, производственные процессы

могут и действительно изменяются, когда необходимо. Например, низкие цены могут заставить производство закрыться, пока цены снова не поднимутся выше эксплуатационных расходов. Такое ограничение в анализе DCF может привести к недооценке проектов.

В дополнение к проблемам определения ежегодных потоков наличности, анализ DCF создает проблемы с обоснованием соответствующей учетной ставки. Выбор корректной величины учетной ставки - не очень простое дело, а сама норма должна быть или в постоянных или в текущих (инфляционных) ценах, соответствующих величинам потока наличности..

В анализе DCF обычно используется несколько вариантов учетных ставок (таблица 5.2), хотя некоторым отдается большее предпочтение, чем другим. Из приведенных в таблице учетных ставок наиболее теоретически корректна - возможные затраты капитала. Так как инвесторы обычно ограничены в количестве капитала и не могут реализовать все проекты, то они должны избежать ошибки, сравнивая возвращения потенциального проекта с возвращением другой лучшей инвестиционной альтернативы. Однако, идентификация такой альтернативы и правильное определение ее возвращения часто связано с трудностями. Как приближение для расчета возможных затрат капитала, часто используется "безопасная" норма возвращения, типа процента американских Казначейских обязательств.

Таблица 5.2. Основные типы учетных ставок

Тип ставки	Описание
Потери от неиспользования лучших возможностей вложения капитала (Opportunity cost of capital)	Дополнительная прибыль, которая могла быть получена от использования лучшей инвестиционной альтернативы
Надежная альтернатива (Risk-free alternative)	Возвращение от вложения капитала в надежные бумаги, типа американских казначейских обязательств. Однако и здесь риск остается из-за колебания обменных курсов валют и инфляции.
Затраты заемных средств	Норма, основанная на затратах заемных средств
Средневзвешенные затраты капитала (WACC)	Норма, учитывающая риск, которая взвешивает собственные и заемные затраты капитала с помощью их отношения
Историческая норма возвращения	Норма возвращения, основанная на постоянных или текущих характеристиках прошлых инвестиций.
Норма возвращения с учетом риска	Любая норма, основанная на постоянных или текущих возвращениях, учитывающая проектный риск. Модель оценки финансовых активов (CAPM) часто используется для определения такой нормы.
Минимально приемлемая ставка	Любое минимальное возвращение, независимо от метода его определения
Социальная норма возвращения	Норма, используемая для оценки социальных проектов.
Изменяющаяся во времени ставка	Норма, которая изменяется при изменении уровня риска во времени

Однако, есть и другие взгляды на то, как определить возможные затраты капитала. Модель оценки Основного капитала, (The capital asset pricing model - CAPM) обычно используется в корпоративных финансах и предполагает, что наиболее соответствуют учетной ставке средневзвешенные затраты капитала (WACC). WACC признает, что есть

затраты собственных средств, а также заемные средства, отношение которых для фирм может изменяться. Они также учитывают, что риск инвестирующих фирм изменяется во времени; таким образом, WACC – это учетная ставка, учитывающая риск. Если рассматриваемый проект имеет возвращение, большее чем средневзвешенная стоимость собственных и заемных средств (то есть, больше чем необходимый капитал для инвестиций), то его нужно рассматривать. Хотя средневзвешенные затраты капитала и могут быть вычислены, но они изменяются во времени и могут зависеть от типов сделанных инвестиций и отношения к риску кредиторов или акционеров. Как альтернатива иногда используется в качестве учетной ставки стоимость заемных средств (коммерческая норма ссуды), но этот подход игнорирует затраты собственного капитала, который может отличаться от заемного капитала.

WACC вычисляется следующим образом:

$$WACC = \frac{D}{D+E} K_f + \frac{E}{D+E} K_e \quad (5.3.)$$

Где:

D = пропорция заемных средств (ЗС) для фирмы

E = пропорция собственных средств (СС)

K_e = стоимость СС

K_f = сумма ЗС после вычета налогов

K_f = (1 - t)K_d, где t - эффективная налоговая ставка

K_d = сумма ЗС перед вычетом налогов

Стоимость СС в предыдущем уравнении может быть вычислена как

$$K_e = R_f + (R_k - R_f)\beta \quad (5.4.)$$

где:

R_f = возвращение на надежных ценных бумагах (типа казначейских обязательств или государственных облигаций)

R_k = среднее рыночное возвращение (полученное из коммерческого инвестиционного обзора, доступного в любой маклерской конторе или в большинстве библиотек)

β = систематический риск фирмы, или отношение изменчивости курса акций фирмы к изменчивости рынка (эта цифра может также быть получена из инвестиционного обзора)

Учетная ставка, используемая для любого проекта, может отражать степень риска, связанного с проектом. Чем выше заложенный риск, тем выше связанная с риском учетная ставка. Хотя эта практика используется повсеместно, однако существует разногласие относительно того, имеет ли она прочное теоретическое основание. Величина учетной ставки, тесно связанная с риском, часто выбирается в очень субъективной манере, которая может привести к неправильным заключениям. Тем не менее, принятие учетной ставки в соответствии с риском – это обычный прием, используемый в анализе DCF, чтобы оценить неопределенность.

Поскольку проект проходит несколько стадий своего развития, то риски с течением времени могут измениться, что потребует соответствующих изменений связанной с риском учетной ставки. Кроме того, риски могут отличаться для различных потоков наличности в пределах одного проекта.

Так как определить корректную учетную ставку достаточно трудно, то многие корпорации и аналитики прибегают к использованию минимальной или барьерной (hurdle) нормы, основанной на ряде факторов. Если экономическая оценка проекта терпит неудачу на основе барьерной нормы, то проект отклоняется.

Чтобы избежать определения величины учетной ставки или обоснования метода ее получения, иногда в качестве учетной ставки используется параметр минимально приемлемой нормы возвращения (MARR).

5.3.3. Чистая сегодняшняя ценность (NPV) и внутренняя норма возвращения (IRR)

Чистая сегодняшняя ценность и внутренняя норма возвращения - два основных критерия осуществимости проекта для использования в анализе DCF. NPV - мера величины дохода (прибыли), тогда как IRR - мера эффективности использования капитала или скорости получения дохода. И NPV и IRR используются, чтобы оценить выполнимость проекта, но они иногда не приводят к одинаковому ранжированию ряда инвестиционных возможностей, если правильно не определен параметр IRR. Различия в этих двух критериях оценки вызывают отчасти большие разногласия среди профессионалов оценки.

Чистая сегодняшняя ценность

Чистая Сегодняшняя ценность – это сумма сегодняшних ценностей всех ежегодных потоков наличности минус начальные инвестиции. Короче говоря, NPV отражает ценность, которую, как предполагается, обеспечивает проект, учитывая учетную ставку и ряд предположений в расчетах потока наличности. Поэтому, NPV – это мера ценности инвестиций. Уравнение для NPV может быть написано как

$$NPV = \left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \right] - I_0 \quad (5.5.)$$

где:

CF_t = поток наличности года t

I₀ = начальные капвложения

i = норма дисконтирования

n = общее число лет проекта

Как инструмент оценки, NPV имеет много преимуществ. Он принимает во внимание временную ценность денег, и это дает единственную оценку проекта для данной учетной ставки и установленных предположений потока наличности. Чем больше NPV, тем более богатыми становятся инвесторы, участвуя в данном проекте.

NPV формирует основу проектной оценки и может быть сопоставлен с NPV других индивидуальных проектов, чтобы определить их сравнительную ценность, если каждый NPV рассчитан надлежащим образом. Это означает, что NPV каждого сравниваемого проекта должен быть определен, используя одинаковые параметры, типа ценовых предположений, учетных ставок, норм налогообложения и последовательного учета внешних факторов, параметров инфляции, неравные сроки реализации проектов и риска.

Часть важных проблем, с которыми сталкиваются в анализе NPV, были обсуждены выше, включая трудности прогнозирования цен и затрат, а также выбор соответствующей учетной ставки. Небольшие изменения в расчетах потока наличности (типа цены на продукт в ранние годы проекта) могут драматично изменить NPV и инвестиционное решение. Так как расчет NPV основан на анализе DCF, то он полностью разделяет все сильные и слабые стороны этого анализа.

Внутренняя норма возвращения

Увеличение учетной ставки для данного потока наличности обязательно уменьшает NPV потока наличности. IRR может быть определен, как размер учетной ставки, при которой NPV равняется нулю. Альтернативно, IRR может быть также определен, как норма, которая уравнивает начальные инвестиции с величиной будущих потоков наличности. Чем выше IRR, тем более выгоден проект - в терминах возвращения инвестированного капитала. Различие между учетной ставкой и IRR – в том, что инвестор сам выбирает учетную ставку, а особенности потока наличности определяются IRR. Следовательно, IRR – это внутренняя характеристика (откуда его название - внутренняя

норма возвращения) проекта по сравнению с учетной ставкой для NPV, которая определяется внешне. Соотношение между IRR и NPV могут быть записано как

$$NPV = 0 = \left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \right] - I_0 \quad (5.6.)$$

где:

CF_t = поток наличности года t

I₀ = начальные капиталовложения

n = общее число лет проекта

IRR = норма дисконтирования, которая делает NPV = 0

В то время как NPV (максимизация дохода) теоретически является правильным критерием оценки инвестиций, он не определяет размера возвращения на инвестированный доллар. Такую оценку дает IRR и другие параметры нормы возвращения, описанные ниже. Это делает IRR одним из самых популярных критериев оценки инвестиций в промышленности. Однако, IRR может быть легко использован неправильно.

Использование NPV и IRR в промышленности

Параметры NPV и IRR, как оценки выполнимости проекта, широко используются в промышленности. Однако, преобладающей мерой оценки является IRR, хотя его позиции, кажется, ослабевают в последние годы. Кроме того, оказывается, что все больше компаний использует IRR, и NPV в качестве критериев оценки каждого перспективного инвестиционного проекта.

Большинство учебников указывают, что NPV – это привилегированный критерий оценки и по теоретическим причинам, связанным с максимизацией богатства акционера, а также, возможно, по практическим причинам учитывающим его внутренние связи с IRR. Однако, эти причины не вполне убедительны. Обычно NPV – более предпочтителен для лиц, принимающих решения, однако они в состоянии сделать лучшие обоснованные решения, если рассмотрят и NPV, и IRR (Табл. 5.3.).

Таблица 5.3. Сравнение параметров NPV и IRR

NPV	IRR
1. Измеряет величину состояния и хорошо согласуется с экономической теорией, например, с максимизацией рентабельности или NPV. Однако, он не информирует об эффективности использования капитала	1. Измеряет скорость накопления состояния или его изменения. Он информирует об эффективности использования инвестированного капитала. Однако, он не измеряет ценность проекта
2. Размер NPV зависит от скорости возвращения, а также – от размера начальных инвестиций. NPV может увеличиваться при росте масштабов проекта.	2. IRR не зависит от размера начальных инвестиций. Чтобы увеличить IRR, инвестиции должны обеспечивать высокие вознаграждения
3. Требуется прогноз цен и затрат	3. Требуется прогноз цен и затрат
4. Требуется выбор внешней учетной ставки. Хотя этот выбор обычно является трудным, но это требование часто упоминается как слабость NPV, не связанного с IRR	4. Обычно считается, что анализ IRR не нуждается в определении учетной ставки, за исключением определения MARR для сравнения. Это верно, когда отсутствуют проблемы многократного корня при оценке IRR. Если они существуют, то для сравнения должна быть выбрана учетная

5. Неявно предполагает повторное инвестирование ежегодных дивидендов в MARR 6. Обычно считается, что NPV – это уникальная величина, которая не имеет проблем кратного корня, как для IRR. Однако, если множественные IRR существуют, то должны быть предположены множественные учетные ставки и NPV.	ставка, как и в случае использования NPV. 5. Неявно предполагает повторное инвестирование ежегодных дивидендов в IRR 6. Множественные IRR могут существовать и усложнять анализ. Это часто неправильно упоминается, как слабость IRR, который не присущ параметру NPV

В литературе отмечается значительный беспорядок в определении, значении и использовании IRR, который связан с тем, что:

- (1) анализ IRR может учитывать или не учитывать повторное инвестирование ежегодных дивидендов в проект по норме, равной IRR,*
- (2) существует необходимость использования, так называемого возрастающего IRR для оценки взаимно исключающих проектов, и*
- (3), эффекты проблемы многократного корня в уравнениях могут влиять на IRR, как критерия оценки.*

Теоретические условия

Анализ DCF теоретически правилен только в том случае, когда учтено множество очень важных условий. Когда эти теоретические условия встречаются на практике, они приводят к многочисленным проблемам и недоразумениям. Полное понимание их позволяет оценщикам правильно обходить эти проблемы и осознавать ограничения анализа DCF. Пять необходимых условий перечислены ниже:

1. В идеале все входные параметры должны быть известны с достоверностью, и не должно быть никакой неопределенности или риска. Числовое значение NPV может быть определено, используя любой набор чисел, но истинная величина инвестиций может быть оценена, только в случае, если все входные параметры являются достоверными. Такая определенность редко возможна, если будущие цены или затраты точно не известны. В этих случаях, чтобы рассчитать проектный риск и неопределенность, используются много модификаций анализа NPV, включая анализ чувствительности, моделирование Монте-Карло и учитывающие риск учетные ставки. Все эти модификации приносят в анализ собственные проблемы..
2. Все сравниваемые проекты должны иметь сопоставимые учетные ставки, которые отражают надежную оценку возможностей капитала. В контексте этого требования, сопоставимый - не означает идентичный. Так как почти всегда существуют риски или неопределенности, то используются учетные ставки, учитывающие риск. Если один проект более опасен чем другой, то при сравнении лучше использовать различные учетные ставки, приспособленные к риску. Возможные затраты капитала также могут отличаться для разных проектов. Например, очень большие инвестиции могут ограничить альтернативные инвестиционные возможности тем больше, чем меньше сравниваемые проекты. Учетные ставки для всех сравниваемых проектов должны быть или в постоянных, или в текущих, но не в смешанных ценах.
3. Все сравниваемые с использованием анализа DCF проекты должны иметь сопоставимые налоговые структуры. Другими словами, все проекты должны

- включать одинаковые методики расчета дохода и налогов. Будет неправильно сравнивать NPV до вычета налогов с NPV, остающимся после уплаты налога.
4. Все сравниваемые с использованием анализа DCF проекты должны иметь равные эквивалентные продолжительности жизней в том случае, если в качестве инвестиционного критерия должен использоваться IRR при условиях дефицита капитала или взаимно исключающих инвестициях. Поверхностный просмотр инвестиционных возможностей может показать, что мало проектов имеют одинаковые экономические жизни. Однако, в любом случае полные потоки наличности для двух или более инвестиционных возможностей должны сравниваться за один и тот же отрезок времени. Возвращения для 5-ти летних инвестиций могут корректно сравниваться с аналогичными доходами от 4-х летних инвестиций до тех пор, пока анализ последнего варианта не будет включать возвращений от повторного инвестирования капитала в пятом году.
 5. Все сравниваемые с использованием анализа DCF проекты должны иметь идентичные начальные инвестиции в случае, если в качестве инвестиционного критерия должен использоваться IRR при условиях дефицита капитала или взаимно исключающих инвестиций. Несколько проектов могут иметь равные начальные инвестиции, но должны быть сравнены полные потоки наличности, которые учитывают все инвестиционные возможности. Возвращения от инвестиций 50 \$ могут быть корректно сравнены с аналогичными возвратами от инвестиций 40 \$, если возврата от их разницы 10 \$, будут объединены с возвратами от инвестиций 40 \$. В обоих случаях, в общей сложности будет инвестироваться 50 \$.

Некоторые выводы

Принимая максимизацию богатства в качестве основной цели инвестора, всегда ли будет верно, что принятие решений на основе максимизации NPV приведет к корректным результатам? Ответ простой - ДА. Однако, часто инвестор получает больше понимания об инвестиционной возможности, используя параметр IRR, а не NPV..

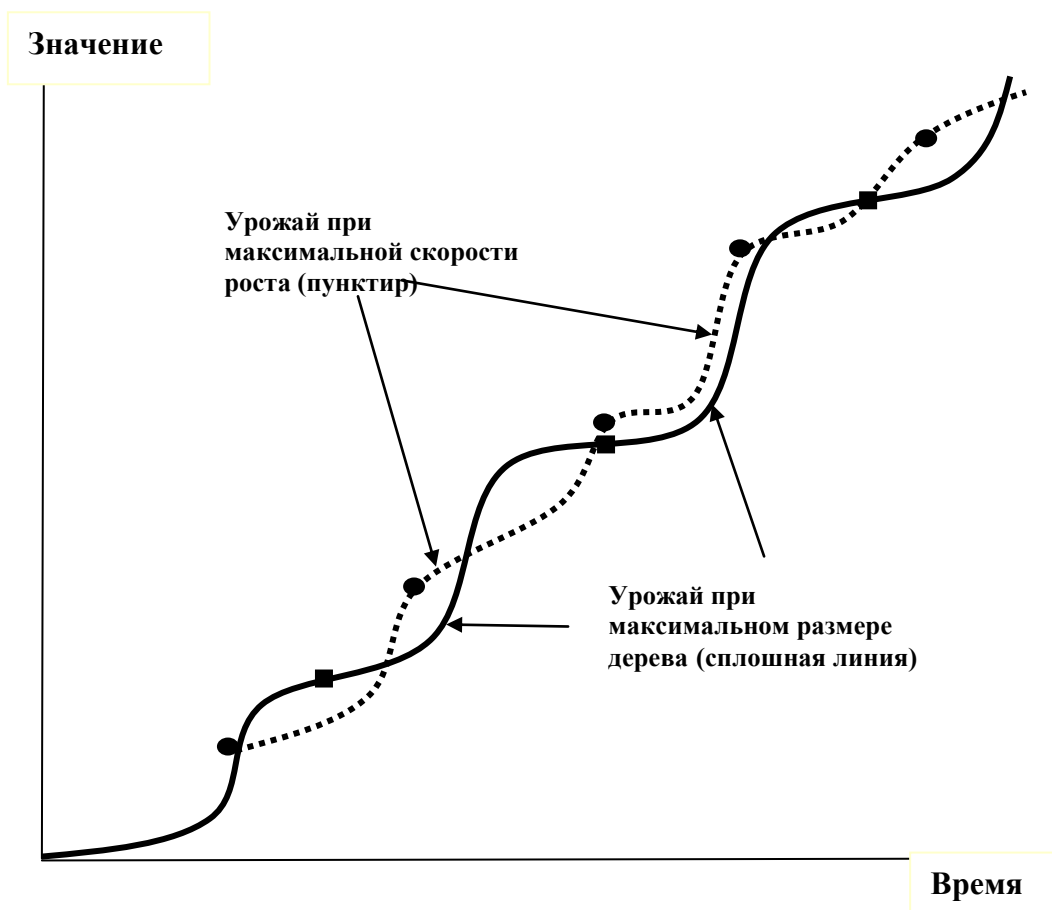


Рис. 5.3. Пример, показывающий 2 схемы урожайности древесины

Например, правильный пункт вырубki леса – это время, в котором максимизируется NPV, но действия, которые лесник должен предпринять на основании этого критерия, не очевидны. Вырубка деревьев, когда они достигают максимального размера, неправильная стратегия. Лесник может получить гораздо большие доходы, вырубая лес во время его максимального темпа роста при циклических инвестициях – периодической посадке новых деревьев. Этот вариант стратегии показан пунктирной кривой на рисунке 5.3.

Как было показано ранее, значение IRR определено исключительно из характеристик ежегодных потоков наличности, а также начальных инвестиций, при которых $NPV = 0$. Повторное инвестирование ежегодных дивидендов явно не участвует в качестве исходного параметра при расчете IRR. Однако, существует противоречие относительно условий, при которых IRR может быть рассмотрен как аналог процентной ставки применительно к начальным инвестициям. Другими словами, при каких условиях сумма будущих инвестиций (если они отражают сложные проценты в IRR) равняется будущей сумме всех ежегодных потоков наличности проекта?

Математически, два значения FV будут равны, только если ежегодные дивиденды потоков наличности проекта повторно инвестируются с процентной ставкой, равной IRR. Таким образом, чтобы рассматривать IRR как аналог приведенной процентной ставки для начальных инвестиций, необходимо предположить, что ежегодные дивиденды проекта будут повторно инвестироваться с процентной ставкой, равной IRR. (см. Приложение 2). Если IRR высок, то может быть беспричинно предполагать, что дивиденды можно будет повторно инвестировать с той же процентной ставкой. Повторные инвестиции при очень высоких нормах возвращения очень редки.

Некоторые экономисты неправильно думают, что такие предположения делают IRR менее полезным в качестве меры оценки проектов. Однако, IRR и не должен представлять реалистичную норму для реинвестиций, чтобы служить такой мерой. Так или нет, но метод IRR неявно предполагает, что проблема повторного инвестирования в IRR - в

значительной степени академическая, и в любом случае, параметр IRR может использоваться, чтобы обоснованно сравнивать и оценивать инвестиционные возможности. Критерием для выбора является то, что инвестиции должны быть сделаны, если IRR больше чем MARR или (в случае взаимно независимых инвестиций или инвестиций с дефицитом капитала), если IRR рассматриваемого проекта больше чем IRR всех других инвестиционных возможностей. Не имеет значения величина различия между двумя величинами IRR; имеет значение только то, что это различие ощутимо.

Очевидные конфликты ранжирования между NPV и IRR

Анализ IRR иногда несправедливо критикуется за то, что он дал другое ранжирование, чем NPV для взаимно исключающих инвестиционных возможностей. Многочисленные учебники заявляют, что обе меры оценки полезны, но что в этом случае должен использоваться процесс, названный анализом приращений (incremental analysis). Этот анализ действительно приводит к индексным величинам, которые ранжируют проекты в том же самом порядке, как это делает анализ NPV, но он упускает реальную причину различий в ранжировании. Кроме того, он прежде всего сводит на нет большую часть значений вычисленных IRR.

Кажется, что реальная причина конфликтов в ранжировании NPV и IRR - то, что IRR часто определяется неправильно. Следующие два теоретических требования анализа DCF (см. выше) обычно нарушаются при вычислениях IRR:

(1) все инвестиции, которые будут сравниваться, должны иметь равные экономические жизни, и

(2) все проекты, которые будут сравнены, должны иметь равные начальные инвестиции.

Использование обсужденных выше приемов удовлетворяет эти требования и позволяет правильно вычислять значения IRR.

Идея определять NPV, который непротиворечит значениям IRR, некорректна в том, что она, по существу, отрицает полноценность IRR, как отдельно существующей меры оценки. Это приводит к таким расчетам IRR, которые просто повторяют результаты анализа NPV вместо того, чтобы обеспечить дополнительную информацию. Не существует никакой единственной всеобъемлющей меры оценки, которая может освободить инвесторов от необходимости самим принимать решения. В случае взаимно исключающих проектов, инвесторы должны рассмотреть и NPV, и IRR в свете их собственных личных точек зрения и целей.

Примеры конфликтов ранжирования между NPV и IRR и определения IRR приращений приведены в Приложении 2.

Проблема множественных решений

В случаях, когда проект требует больших капиталовложений и при его запуске, и в более поздние годы, для данного потока наличности возможно существование больше чем одного IRR. Рассмотрим Рис. 5.4., в которой потоки наличности являются отрицательными в результате начальных инвестиций, но затем становятся положительными; последующие инвестиции заставляют потоки наличности снова стать на время отрицательными. Как следствие, здесь существуют три учетных ставки для которых $NPV = 0$. Таким образом, есть три корня в уравнении, которое определяет IRR, и, соответственно, три значения IRR.

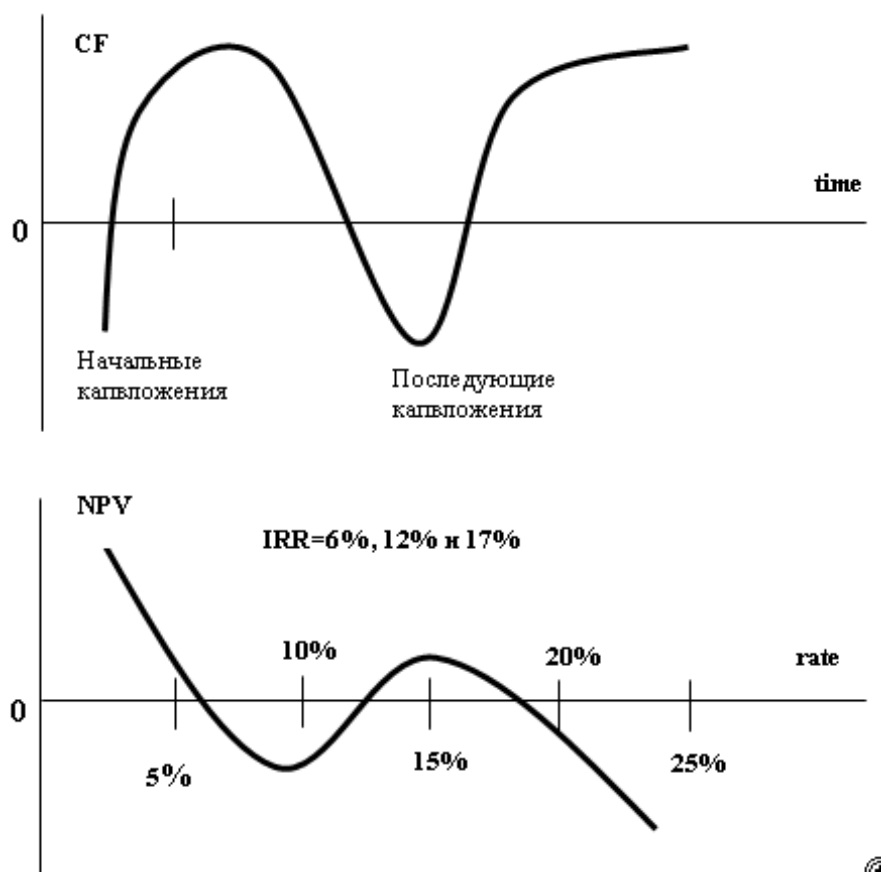


Рис. 5.4. Многократные капиталовложения и значения IRR

Использование IRR как меры оценки иногда критиковалось, потому что существование многократных решений не позволяет непосредственно идентифицировать правильный IRR. Некоторые учебники экономики неправильно предлагают в связи с этим, что NPV является лучшим критерием, потому что он не приводит к нескольким величинам.

Однако, на практике значение MARR выбирается прежде, чем может быть определен NPV. NPV будет или положительным, или отрицательным в зависимости от выбора MARR. (ранее уже отмечалось, что MARR и учетная ставка эквивалентны).

5.3.4. Темп роста возвращения (Growth Rate of Return), Отношение существующей ценности (Present Value Ratio) и Полная норма возвращения (Overall Rate of Return)

Три других обычно используемых измерителя эффективности:

- темп роста возвращения (GRR),
- отношение сегодняшней ценности (PVR), и
- полная норма возвращения (ORR).

Они близко связаны с NPV и IRR и поэтому разделяют их достоинства и слабости. Например, так как NPV и IRR имеют проблемы с многократными корнями (как описано ранее), то все измерители, полученные из NPV или IRR, имеют те же самые проблемы. Особенности использования этих критериев часто путают.

GRR – это норма возвращения, которая включает возвращение на дивидендах от начальных инвестиций, дисконтированных с $i = \text{MARR}$ плюс возвращение от повторно инвестированных дивидендов по внешней ставке i' . Таким образом, GRR идентичен IRR за исключением того, что реинвестиционная ставка не обязательно может равняться IRR.

Если реинвестиционная ставка i' действительно равняется IRR, тогда GRR и IRR будут одинаковы. Анализ GRR приведет к тому же самому ранжированию проектов, как и с использованием IRR до тех пор, пока для всех проектов используются общие $i = \text{MARR}$ и внешняя i' .

PVR - параметр, связанный с NPV, который определяется из уравнения

$$PVR = \frac{\sum_{t=1}^n CF_t(1+i)^t}{I_0} \quad (5.7.)$$

где:

t = год

n = общее число лет

CF_t = поток наличности года t

I_0 = начальные инвестиции

i = норма дисконтирования

Критерий принятия решения должен быть положительным, если $PVR > 1$. Этот показатель имеет те же самые особенности многократного корня, как и любой другой измеритель нормы возвращения, типа IRR, хотя это не очевидно. PVR дает то же самое ранжирование проектов, как и ORR, но не обязательно, как IRR, если IRR вычислен неправильно (проблемы соответствия суммы и времени инвестиций, как обсуждено ранее).

ORR - параметр, который связан с PVR, т.е. $ORR = 1 - PVR$. ORR может быть вычислен как:

$$ORR = \frac{\left[\sum_{t=1}^n CF_t(1+i)^t \right] - I_0}{I_0} \quad (5.8.)$$

ORR – это точно выраженный измеритель возвращения на инвестированном капитале. Критерий принятия решения должен быть положительным, если $ORR > 0$. ORR ранжирует проекты в том же самом порядке, как PVR и имеет те же самые трудности с многократными ставками возвращения, как и IRR, но он необязательно ранжирует проекты, как IRR, если IRR вычислен неправильно (проблемы соответствия суммы и времени инвестиций, как обсуждено ранее).

5.3.5. Анализ отношения Прибыль / Затраты

Анализ Прибыль:Затраты (Benefit:cost (BC)) - это другой метод оценки проектов, часто используемый государственными организациями. Он обычно схож с анализом социальных преимуществ и затрат проекта, хотя может использоваться, чтобы самостоятельно оценить проекты без их социальной перспективы.

В ряде случаев, когда фактические цены искажены правительственной политикой, возникает необходимость использования теневых цен, чтобы определить истинную социальную ценность проектов. Если бы в BC анализе использовались искаженные цены, то частные инвестиции, которые приводят к низким или отрицательным экономическим возвратам для страны в целом, могли бы быть идентифицированы как допустимые.

Если величина прибыли проекта превышает затраты, то отношение BC будет больше 1, что указывает, что проект потенциально выгоден. В случае взаимно исключающих инвестиций должен быть выбран проект с самым высоким отношением BC из оценок

больших чем 1. Т.к. отношение ВС – это скорее мера темпа роста, а не ценности, то оно имеет большинство тех же особенностей, как и IRR. Если и прибыль и затраты будут дисконтированы по той же самой учетной ставке, то отношения ВС дадут то же самое ранжирование независимых и взаимно исключающих проектов, как и значения IRR. Следовательно, отношения ВС дадут те же самые результаты ранжирования, как и NPV, если они были правильно вычислены (с учетом сопоставления неравных сроков существования проектов или начальных инвестиций).

Хотя анализ NPV дает те же самые результаты, как и правильно рассчитанные отношения ВС (но с меньшими осложнениями), многие правительства часто применяют отношение ВС как наиболее предпочтительную меру оценки. Одна из проблем использования отношений ВС состоит в том, что его величина будет отличаться в зависимости от того, введены ли затраты как затраты в числитель формулы или как отрицательная прибыль в знаменатель. Два аналитика, использующие те же самые данные, но применяющие это обстоятельство по-разному, могут получить противоречивые результаты. Поэтому, отношения ВС нескольких проектов не могут быть корректно сравнены, если все они не определены в одной и той же манере.

5.4. Учет инфляции и изменения спроса

При любой оценке проекта необходимо быть последовательным в использовании постоянных или текущих денег в процессе прогнозирования цен и данных о спросе и требованиях на полезные ископаемые. Эти проблемы являются источником большого количества ошибок, обычно наблюдаемых в оценке.

5.4.1. Постоянные или текущие деньги?

Инфляция имеет дело с деньгами, которые будут потрачены или получены в будущем, но будут стоить меньше чем сегодня. Так как инфляция действительно существует и ощутимо изменяется в зависимости от стадии экономического цикла, возникает вопрос относительно того, должны ли оценки быть основанными на постоянных или текущих долларах (деньгах). Ответ зависит от типа и качества доступной и требуемой информации. Оба типа анализа дадут подобные, но не равные результаты.

Постоянный денежный анализ проводится чаще, потому что оценщики обычно не знают достаточно об инфляции, чтобы быть в состоянии предсказать ее на длительный период. Однако, если инфляция может быть предсказана, то текущий денежный анализ дает более надежные результаты; это позволяет оценщикам оценить эффекты налоговых льгот и, возможно, темп роста инфляции, который изменяется со временем. Однако, учитывая трудность прогноза темпов инфляции, практическая ценность их использования в расчетах NPV неочетлива.

Должна быть предпринята осторожность, чтобы корректно выразить все анализируемые переменные в постоянных или в текущих ценах. Если инфляция, как предполагают, отсутствует, то все затраты, цены, процентные и учетные ставки должны быть выражены в постоянных долларах. Если инфляция учитывается, то все исходные параметры должны быть в текущих ценах. Неправильным будет смешать текущие и постоянные деньги в одном потоке наличности. Также неправильно сравнивать результаты текущего денежного потока наличности с постоянным потоком наличности, не сделав надлежащих корректировок, учитывающих эффект инфляции.

Аналитики должны убедиться, что они не спутали изменения в затратах или ценах под влиянием инфляции с реальными изменениями в относительных ценах или затратах. Инфляция вызывается макроэкономической политикой государства и находится вне контроля индивидуального инвестора. С другой стороны, реальные изменения цен, которые вызваны увеличением эмиссии или несоответствием в спросе и предложении,

обычно не связаны с инфляцией. Реальные изменения относительных ценностей в течение долгого времени нужно рассматривать на постоянном денежном основании.

Рекомендуется выполнить все прогнозы и начальные исследования в постоянных ценах, чтобы ощутить относительные размеры чисел. Таблица 5.4. дает примеры различий между затратами и изменениями цен из-за реальных изменений ситуации в сравнении с комбинацией реальных изменений плюс инфляция. Например, можно было бы ожидать, что реальная цена рабочей силы будет увеличиваться на 1.0 % ежегодно, что означает, что размер заработной платы увеличится через 10 лет с 35 000 \$ до 38 662 \$, как показано в колонках 2 и 4 в табл. 5.4. Реальные затраты инвестора, таким образом, увеличиваются на 1.0 % ежегодно. Если ежегодная инфляция будет 3.0 %, то полный размер заработной платы увеличится через 10 лет с 35 000 \$ до 51 958 \$, как показано в колонке 6. Однако, учитывая все другие затраты и увеличение цен по общей норме инфляции, реальные затраты инвестора будут увеличиваться только на 1.0 % ежегодно.

Таблица 5.4. Пример прогнозирования при постоянных и текущих деньгах

Показатель	Сегодняшние реальные величины (\$)	Реальный % изменения за год, r'	Прогноз при постоянных деньгах на 10 лет без инфляции (\$)	Реальный % изменения за год + 3% ежегодная инфляция, r''	Прогноз на 10 лет без инфляции при 3% ежегодной инфляции (\$)
Зарплата, \$/год	35000	1.0	38662	4.03	51.958
ГСМ, \$/баррель	18.0	5.0	29.32	8.15	39.40
Золото, \$/унцию	350	3.0	470	6.09	632
Медь, \$/фунт	2.0	-0.5	1.9	2.15	2.47

Учетная ставка определяется по формуле:

$$r = \frac{(1 + r')}{(1 + r'')} - 1,$$

где:

r' = номинальная ставка

r'' = темп инфляции

5.4.2. Прогноз спроса, предложения и цен

Первые данные, которые используются в ориентировочном расчете потока наличности для определения доходов – это цены и объемы продукции. Этот этап представляет первую из нескольких проблем в проведение анализа обесцененного потока наличности. Если должен быть построен 10-ти или 20-ти летний поток наличности, то цены всех продуктов должны быть определены для всего этого периода. Это – очень непростая задача, так как бывает трудно предсказать цены большинства предметов потребления даже на год вперед (Рис. 5.5.).

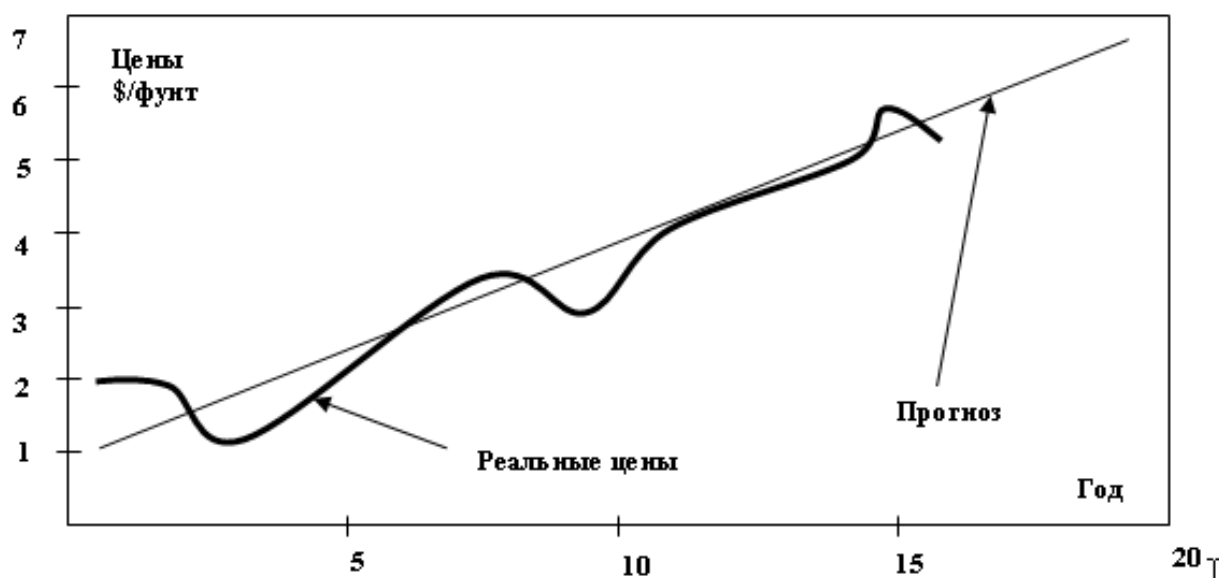


Рис. 5.5. Пример тренда цен

Цены устанавливаются тогда, когда покупатели и продавцы договариваются о сделке. Состояние, при котором покупатели и продавцы желают покупать и продавать, может быть представлено функциями (или кривыми) спроса и предложения. Эти функции часто изображаются как падающие кривые спроса и восходящие кривые предложения, как показано ниже на рис.5.6.

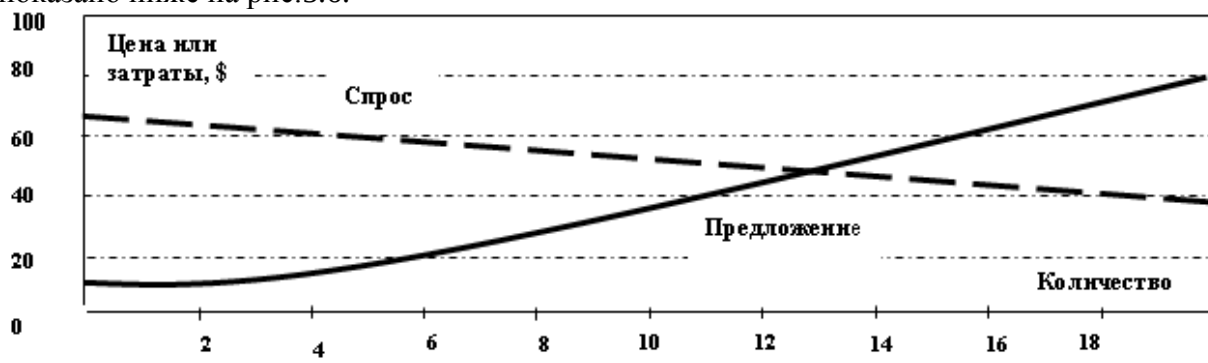


Рис. 5.6. Функции спроса и предложения

Пересечение двух кривых дает ту цену, по которой покупатели желают покупать, а продавцы желают продавать. Поэтому, рис. 5.5. показывает фактические цены, которые на самом деле представляют собой серию пересечений кривых спроса и предложения. Во многих случаях невозможно получить информацию о форме функций спроса и предложения, кроме идентификации точек (цен), где они пересекаются. Однако, экономисты идентифицировали множество факторов, которые в основном определяют спрос и предложение товара. Ниже приведены такие факторы, которые определяют форму и положение кривой предложения относительно формы и положения кривой спроса:

ω Факторы, влияющие на предложение:

- ω цена рабочей силы
- ω цена энергии
- ω цена материалов
- ω количество необходимой рабочей силы
- ω количество необходимой энергии

ω Факторы, влияющие на спрос:

- ω цена товара
- ω цены всех заменяющих товаров
- ω технология
- ω вкусы потребителей
- ω доходы потребителя

- ω количество необходимых материалов
- ω цена капитала
- ω количество необходимого капитала
- ω технология поставок или производства
- ω другие факторы

- ω другие факторы

Прогноз цен на много лет вперед означает предсказание множества индивидуальных компонентов функций спроса и предложения. Эта сложность облегчает понимание, почему цены так трудно предсказать. Экономисты пытались скоррелировать факторы спроса и предложения с ценами, чтобы облегчить прогнозирование долгосрочной цены, но даже самые сложные усилия не привели пока к какому-нибудь успеху.

Другие факторы, которые определяют ценность проекта, - это капитал и эксплуатационные расходы. Аналитики тратят много времени, определяя, какими эти затраты будут для новых проектов. Инженеры сейчас могут с некоторым приближением предсказать, какие затраты будут связаны с будущими, еще не созданными технологиями. Однако, как отмечалось выше, чистые существующие ценности (NPV) ожидаемых потоков наличности почти всегда более чувствительны к изменениям цен чем к изменениям капитальных или производственных затрат.

5.4.3. Заключение

В самом начале анализа обесцененного потока наличности, аналитики сталкиваются с серьезными трудностями, для которых существуют мало ответов, среди которых практически нет хороших ответов. Потенциальные ошибки, вызванные неспособностью предсказывать цены, превалируют над многими из других пунктов в анализе потока наличности. Аналитики и лица, принимающие решения, никогда не должны терять из виду это «незначительное» начало, скажем, когда компьютер определяет норму возвращения с несколькими десятичными знаками после запятой, или когда возвращения для двух взаимно исключающих проектов только слегка отличаются.

5.5. Выбор времени и инвестиционные варианты

Как можно заметить, ни один из обсужденных выше методов оценки не обратился к двум важным аспектам инвестиций:

- (1) способность реагировать на колеблющиеся цены, отсрочивая инвестиции и
- (2) способность осуществлять эксплуатационную гибкость.

Циклические и колеблющиеся цены на минеральные продукты часто считают нежелательным источником риска в проектных инвестициях, но они часто дают возможность инвесторам заработать больше прибыли. Ниже обсуждается циклическое поведение минеральных цен и связанная с этим концепция использования опционных стратегий (option-pricing), чтобы оценить реальные инвестиционные возможности горных проектов.

5.5.1. Учет цикличности

Минеральные цены, особенно для металлов, часто демонстрируют явное циклическое развитие. Так как цены были циклическими в прошлом, разумно полагать, что это поведение продолжится и в будущем. Ожидаемые ценовые колебания представляют специфические трудности в использовании обычных методов оценки, типа анализа DCF. Одна из проблем состоит в том, что оценщик, возможно, не знает, в каком месте цикла находятся текущие цены или когда произойдет следующий цикл. Анализ DCF требует прогнозные цены, а прогноз цен на первые 10 лет, в свою очередь, очень

затрагивает NPV. Если оценка текущего положения ценового цикла неправильна, то анализ проекта может быть неизлечимо испорчен.

Другая проблема с обычным анализом DCF состоит в том, что он не делает никакого предположения о варианте временного прекращения производства или изменения технологических методов в течение времени низких цен. Игнорирование этого выбора в анализе DCF может привести к недооценке ценности проекта.

Результаты расчета циклических потоков наличности и выбора варианта закрытия производства в течение периодов потерь показаны на рис. 5.7., где изображен типичный образец такого потока наличности за 10-летний период цикла. На рисунке показан вариант, когда руководство компании решает закрыть производство на время предполагаемого снижения цен в годах 8, 9, и 10. Как показано на рис. 5.8., NPV значительно увеличивается при осуществлении такого выбора, чтобы избежать отрицательных ежегодных потоков наличности, независимо от того, в каком месте ценового цикла начат проект.

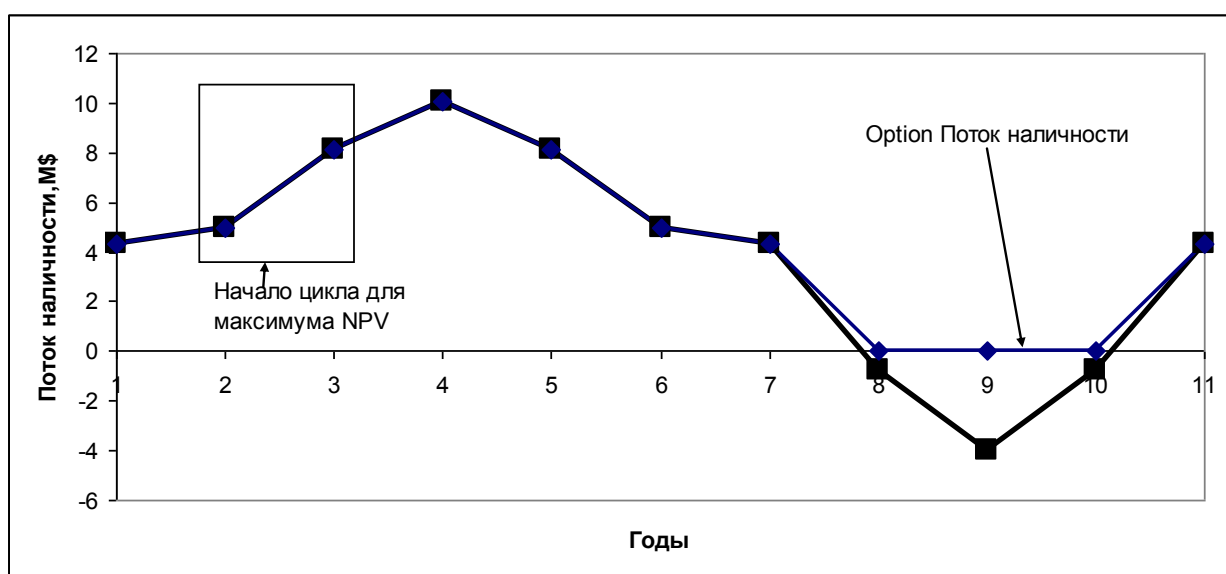


Рис. 5.7. Циклическое поведение потока наличности

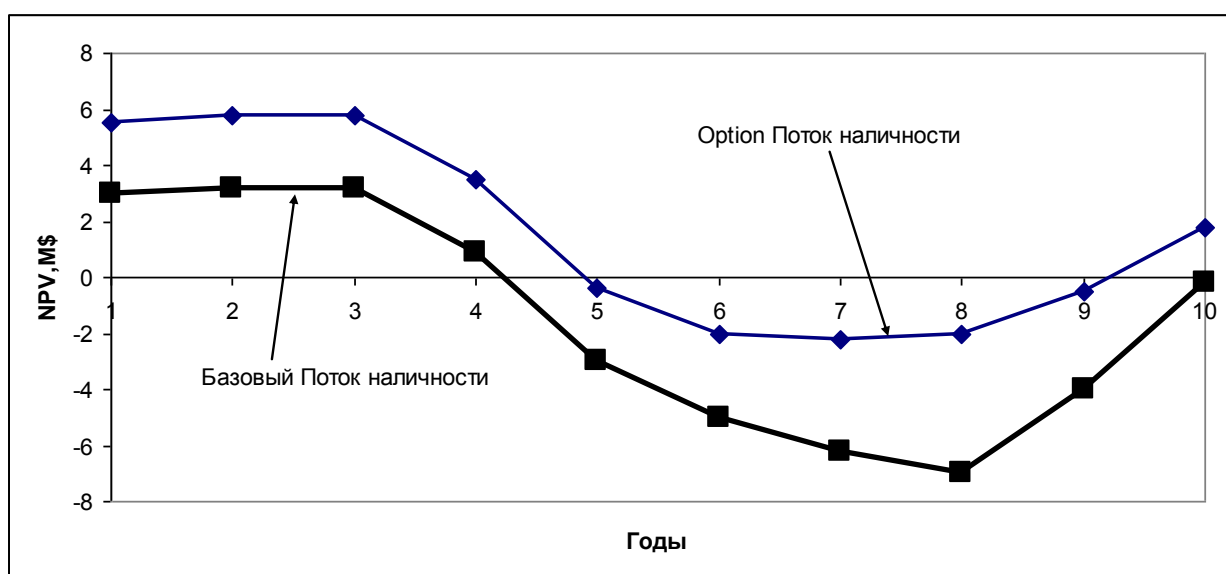


Рис. 5.8. График NPV при циклическом изменении цен

5.5.2. Важность выбора времени начала проекта

Независимо от того, какой метод используется, чтобы оценить горный проект, нет никакого лучшего способа гарантировать успех, чем правильно рассчитать инвестиции. Попытки использовать восходящую волну в изменении цены товара после вложения инвестиций могут сделать относительно незначительными возможные погрешности в расчете обесцененного потока наличности. Причина состоит в том, что более высокие потоки наличности в ранние годы проекта являются самыми существенными вкладами в NPV и доходность проекта. Альтернатива также верна: плохо ориентированные во времени инвестиции почти всегда приводят к бедственным результатам.

5.5.3. Цена опциона (Option Pricing)

Были попытки разработать методы оценки, которые учитывают существование и эффекты ценовых циклов и способности фирмы отреагировать на неожиданные изменения цен. Один такой метод известен как option pricing. Опция – это право, но не обязательство, купить или продать товар в некоторое время в будущем. Так как это право имеет ценность, то опции имеют цену. Поэтому, покупка опции с обещанием будущей поставки минерального товара подобна покупке минерального проекта с намерением продать минеральную продукцию в некоторое время в будущем. Чем больше ожидаемое ценовое колебание, тем больше ценность опции (и, вероятно, анализ DCF будет менее точным). При оценке опции задача аналитика состоит в том, чтобы определить ценность набора опций, которые представляют те же самые доходы, риски, и ожидаемые ценовые колебания, как и рассматриваемый горный проект, и затем использовать ценность объединенных опций как ценность данного проекта.

Цена опции также полезна в определении ценности отсроченных решений относительно необратимых инвестиций с неопределенными выплатами, которые могут быть поняты только далеко в будущем. Например, таким способом производители электричества в настоящее время оценивают, как они будут удовлетворять неопределенный будущий спрос на энергию. Хотя для производства электроэнергии доступно множество технических альтернатив, представим только две из них, чтобы проиллюстрировать использование такой оценки:

- (1) строительство нескольких маленьких станций (типа газовых турбин) с низкими затратами капитала, но высокими эксплуатационными расходами, или
- (2) одна большая станция (например, гидроэлектрический проект) с высокими затратами капитала, но низкими эксплуатационными расходами.

Так как энергетическое руководство не знает с уверенностью будущих требований потребителей, то строительство большой гидростанции может быть или финансовым успехом или провалом. Принятие такого решения требует затрат, потому что инвестиции необратимы. Пока альтернатива строительства ГЭС все еще существует, выбор другого варианта (газовые турбины) позволяет избежать затрат на вложение опрометчивых инвестиций. Проблема состоит в том, как использовать ценность выбора откладывания решения о вложении капитала в большой проект. Обычный анализ потока наличности не в состоянии полностью проанализировать ценность такого выбора: сделать или не сделать инвестиции. Вместе с тем, определение этой ценности является основной целью анализа цены опций. Поэтому энергетические компании в настоящее время используют этот метод, чтобы оценить варианты своего развития.

Хотя эта технология проектной оценки пока широко не принята, ее популярность быстро растет. Методология здесь более сложная, чем анализ DCF, а концепция и результаты оценки иногда труднопонимаемы. Кроме того, оценка опций основана на знании ожидаемой изменчивости цен в будущем. Поэтому здесь снова возникает вопрос, корректно ли экстраполировать прошлые тенденции в будущее.

Методология оценки опций пока не распространяется на все возможные инвестиционные ситуации. Однако, комбинация этого метода с анализом DCF, моделированием Монте-Карло, теорией графов и математическим программированием обещает стать чрезвычайно полезным инструментом для оценки проектов.

5.6. Краткий обзор других методов оценки

Существуют другие многочисленные методы оценки, чтобы определить эффекты или выполнимость добывающих операций. Более распространенные методы описаны в этой главе.

5.6.1. Измерение экологических преимуществ и затрат

Общество и правительства все чаще требуют включения экологических эффектов в денежно-кредитный процесс оценки частных индустриальных и социальных проектов. Проблема, перед которой стоят все аналитики, состоит в том, что в большинстве случаев трудно оценить экологические мероприятия, которые часто не имеют рыночной стоимости, например, сохранение чистого воздуха, красивого пейзажа или глобальной биологической вариативности. Сейчас используются четыре класса моделей, чтобы оценить эти типы «товаров»:

- конъюнктурные рыночные цены,
- гедонический анализ,
- метод условной оценки (CV), и
- модели путешествий?? (travel models).

И промышленность и правительства должны знать детали того, как работают эти методы анализа, потому что каждая методология имеет ряд преимуществ и слабостей. Как и с любыми другими инструментами оценки, эти методы могут легко неправильно использоваться, или их результаты - извращаться.

Рыночные цены – это критерии готовности заплатить (willingness to pay - WTP) со стороны покупателя и готовности принять эти условия (willingness to accept - WTA) со стороны продавца. Это легкие и самые прямые методы оценки, которые могут использоваться, чтобы измерить экологические затраты. Однако, эта методология может использоваться только для тех экологических товаров, которые продаются на рынке, типа ходких разрешений на загрязнение воздуха. Даже если рыночные цены будут существовать, то они не будут отражать истинных экологических затрат, если нет внешних или недостаточно использованных ресурсов.

Гедоническая оценка экологических факторов привлекает использование цен других товаров, затронутых этими факторами, как индикаторов их ценностей. Например, дома, расположенные близко к шумному аэропорту или около плохо пахнущей фабрики имеют меньшие ценности, чем другие подобные дома. С другой стороны, дома, которые имеют роскошный вид на океан, имеют более высокие цены, чем другие. Хотя нет никакой прямой рыночной цены на шум, аромат, или вид из окна, но их ценности могут быть определены, наблюдая за различной оценкой недвижимости. Эта методология широко используется оценщиками и промышленностью недвижимого имущества, чтобы определить ценности домов и их коммерческих размещений. Она требует большой осторожности в определении и анализе таких ценностей, чтобы избежать статистически неправильных и вводящих в заблуждение результатов.

Методология CV вовлекает опрос статистически существенной части населения, чтобы получить мнения публики относительно субъективных ценностей WTP или WTA, или через прямые интервью, или анкетными опросами. Проект интервью или анкетного опроса – это критически важный компонент методологии CV. Метод особенно хорошо подходит к объектам, не торгуемым на рынке, т.е. экологически или социально ориентированным объектам. Он может также использоваться, чтобы определить ценность

не использования опасных объектов, например, ценности того, чтобы не подвергаться опасным рискам или не сокращать продолжительность жизни. Цель определения ценности нерыночных товаров с помощью CV состоит в том, чтобы включить их в обычный анализ DCF или в другие методы оценок.

Модель путешествий предполагает, что многие люди заплатят деньги за путешествия:

(1) в места отдыха, типа национального парка или рыбацкого водоема, чтобы отдохнуть и поправить здоровье, или

(2), чтобы избежать плохих экологических условий в местах постоянного проживания, типа городского смога и уличного движения.

Так модель путешествий определяет ценность хорошего форелевого потока, идентифицируя цены рыбаков, которые они хотели бы заплатить за то, чтобы поехать и ловить там рыбу. Исходные данные для таких моделей всегда извлекаются из дорогостоящих и отнимающих много времени обзоров.

Эти четыре методологии могут использоваться, чтобы оценить экологические затраты, если они выполняются должным образом. Однако, такие оценки занимают время и ресурсы. Плохо проверенные исходные данные дают результаты, которые кажутся подходящими, но, вероятно, будут ошибочны, а введение в заблуждение, обычно, хуже чем отсутствие результатов вообще.

5.6.2. Анализ входа/выхода

Анализ входа/выхода (IO) - метод бухгалтерского учета, который может использоваться, чтобы определить, как изменения в одном секторе экономики затрагивают другие сектора и народное хозяйство в целом. Таким образом, IO позволяет определить воздействие, которое новый горный проект мог бы оказать на экономику нации.

Метод IO обобщает данные о первичных и вторичных эффектах нового или измененного сектора экономики, обеспечивая, таким образом, истинную картину полных эффектов для новой экономической деятельности. Например, новый рудник будет непосредственно привлекать определенное число работников, но также косвенно создаст занятость для тех, кто обеспечивает товары и услуги для нового предприятия. Поэтому, общий итог роста занятости в результате открытия нового рудника - часто в 1.5 - 2.5 раза выше количества рабочей силы, непосредственно там используемой. Этот коэффициент, названный множителем занятости, изменяется в зависимости от типа рудника и связанной с ним переработки. С точки зрения правительства обычно предпочитают более высокие множители занятости из-за потребности уменьшить безработицу.

Метод IO также обеспечивает средство для оценки того, как новое горное предприятие затронет другие сектора народного хозяйства. Например, новый рудник может купить угольную электростанцию и управлять ее оборудованием и заводами.

Метод IO – это мощный инструмент, но как и все другие он имеет множество недостатков. Использование IO требует, чтобы была доступной таблица коэффициентов, показывающих соотношения отраслей промышленности в стране,. Однако, многие страны не имеют таких таблиц, а создание их иногда очень трудоемко и дорого. Кроме того, эти таблицы быстро устаревают, если периодически не обновляются. Создание надежных таблиц коэффициентов для страны или области трудно даже при благоприятных условиях. Метод IO обычно используется как статический анализ, хотя имеются случаи применения и его динамической разновидности.

5.6.3. Эконометрическое моделирование

Любая экономика может быть представлена системой уравнений, которые формируют то, что называют эконометрической моделью. Уравнения получаются

статистической экспертизой прошлых отношений среди предложения, спроса и цен товаров и услуг в стране. Эти уравнения и получающаяся эконометрическая модель могут использоваться, чтобы определить, как изменения в отдельных частях экономики могли бы затронуть другие сектора и экономику в целом. В результате этого могут быть смоделированы эффекты, с которыми новая шахта или другой горный проект воздействуют на экономику. Кроме того, такая модель может использоваться, чтобы оценить, какое влияние изменения в налогах или ценах могут иметь на спрос или предложения товаров, а также - какие возможны вторичные эффекты, типа изменений в занятости и доходе.

Частная горная промышленность обычно не использует эконометрические модели таким способом, поскольку она применяет анализ DCF, чтобы оценить индивидуальные месторождения. Эконометрические модели обычно используются правительствами, чтобы определить эффекты, которые новая деятельность может иметь на экономику в целом. Как и с анализом Ю, получение точных коэффициентов для уравнений является главной задачей.

5.6.4. Методы математического программирования

Иногда проблема заключается в определении, какие проекты должны быть выбраны при данных бюджетных и производственных ограничениях. Эта проблема может быть решена при помощи целочисленного программирования, которое является разновидностью линейного программирования. В этом контексте, линейное программирование - это математический метод, используемый, чтобы найти набор проектов, которые приводят к максимальному NPV при данных бюджетных и производственных ограничениях. Целочисленное программирование необходимо, чтобы препятствовать включению в рассмотрение незначительных проектов, которые становятся невозможны.

Математическое программирование также может использоваться, чтобы определить проекты с минимальными затратами (или максимальной прибылью), которые будут соответствовать желаемому типу проектов и уместным ограничениям. Хорошим примером является выбор оптимального множества методов производства энергии с заданными затратами и производительностью для каждой технологии и необходимой суммарной производительностью с учетом известных ограничений.

Проект часто имеет, больше чем одну цель, например, максимизация прибыли и минимизация загрязнений. Этот тип проблемы может быть решен, используя многоцелевое программирование. Хотя такое программирование моделирует реальные условия достижения многих (иногда конфликтных) целей, но здесь необходимо определение веса или важности одной цели по отношению к другой. Этот процесс субъективен и вызывает массу критики.

5.6.5. Финансовый анализ и долг

Финансовый анализ – это метод получения (с наименьшими затратами) капитала, чтобы финансировать строительство и развитие проекта. Финансовый анализ проводится после того, как экономический анализ указывает, что проект является экономически значащим и должен быть реализован. Обычно предполагается, что, если проект невыполним при отсутствии кредитного финансирования, то он не будет выполнен и при любой другой форме финансирования. Однако, это предположение не всегда точно.

Здесь стоит отметить различия между собственными средствами и кредитом. Инвестиции за счет собственных средств делаются инвесторами, принимающими риск, и компенсация за этот риск поступает им от любой прибыли, которую может дать проект. Нет никакой гарантии, что возвращение на инвестициях за счет собственных средств когда-либо будет получено. Кредит, независимо от его формы, базируется на юридическом договорном соглашении, в соответствии с которым кредитор соглашается

предоставить капитал, а получатель или участник проекта соглашается возместить ссуду плюс процент. Кредит может принимать различную форму, включая облигации, привилегированные акции, ссуды товарами и оборудованием и ссуды, сделанные кредитными учреждениями.

Договорные соглашения для кредитов могут быть сложными и содержать многочисленные условия, которые разработаны, чтобы защитить интересы кредитора, но обычно они ограничивают действия заемщика до тех пор, пока ссуда не возмещается. Общие условия включают ряд условий, типа максимального соотношения собственных и заемных средств или отношения «запасы – производство».

5.6.6. Действительно ли сложные методы являются заслуживающими внимания?

Существование очень многих методологий оценки, многих ловушек в проведении исследований и неисчислимых проблем с данными достаточно, чтобы смутить даже опытных практиков оценки. В то время как развиваются все более и более сложные методы, чтобы компенсировать эти трудности, можно задаться вопросом, являются ли сложные модели действительно стоящими при существующей неопределенности входных данных? В любом случае, всегда остается неясным, какая из методологий может быть признана лучшей.

Трудно доказать, что более развитые методы всегда дают лучшие результаты. Компьютерные электронные таблицы и более сложные методы оценки стали широко доступными только сравнительно недавно.

Один из способов определения корректности оценки проекта состоит в том, чтобы провести послепроектную ревизию и сравнивать начальную норму возвращения с полученной нормой возвращения. Pohl и Mihaljek в 1989 году [1] проанализировали результаты 1 000 проектов Международного банка, законченных в период с 1968 по 1980 гг. Результаты этого весьма трудного исследования позволили сделать следующие заключения:

(1) отношение «прибыль/затраты» и исследования нормы возвращения являются самыми полезными, если не учитывать больших капиталоемких проектов с потенциально низкими процентами возвращения, и

(2) использование в оценке проектов теневых цен обычно не приносит неприятностей.

В итоге многочисленных подобных исследований оказалось, что более сложные модели реально дают лучшие результаты оценки, чем упрощенные. Сложные модели дают более точные значения фактической ценности инвестиционных возможностей при заданных условиях. И что более важно, сложные модели лучше учитывают взаимодействия сложных факторов, которые определяют выполнимость проекта, и дают инвесторам больше информации для формирования инвестиционных решений. Кроме того, развитие более сложных методологий оценки всегда идет в направлении будущего увеличения точности результатов оценки.

5.7. Краткое руководство по оценке горных проектов

В этой главе обсуждались цели и методы оценки проектов, а также реакция инвесторов в процессе интерпретации результатов оценки. Теперь необходимо описать последовательный ряд шагов, требуемых для полной оценки проекта, а также потенциальные ошибки, которые аналитики могут сделать на каждой стадии исследования.

5.7.1. Шаги проектной оценки

Хотя уникальные особенности каждого горного проекта диктуют определенный метод оценки и специфическую последовательность действий, но имеется некий общий комплект стадий, который позволяет выполнить обычную инвестиционную оценку DCF, а также (при необходимости) более сложные аналитические расчеты. Ниже приведен только примерный шаблон, т.к. полноценные рецепты типа "поваренной книги" для выполнения оценки горных проектов не существуют. Единственное, в чем можно быть всегда уверенным, - это то, что нет какой-то уникальной стратегии, чтобы выполнить оптимальную и окончательную оценку, т.к. в будущем она будет многократно повторяться, как только будет получена дополнительная информация. Важно хорошо помнить, что оценка проекта – это процесс, а не событие.

1. Определите основные цели организации и ее отношение к приемлемым и недопустимым рискам. Этот шаг может быть повторен неоднократно по мере поступления новой информации по рассматриваемому проекту. Он имеет жизненно важное значение, хотя им часто пренебрегают. Никто не может провести значащую оценку без ясного понимания того, что хотелось бы получить.
2. Используйте установленные цели, чтобы идентифицировать критерии принятия решения, типа минимальной приемлемой безрисковой нормы возвращения и приемлемых уровней риска, основанных на возможностях увеличения дохода. Обычно в качестве критерия принятия решения используется максимизация прибыли, но могут быть и другие критерии, которые также являются не менее важными. Например, правительство могло бы быть заинтересованным увеличением занятостью населения или валютного дохода.
3. Определите все возможные альтернативы развития проекта, включая вариант «ничего не делать». Выберите те альтернативы, которые очевидно потребуют дополнительного анализа.
4. Получите данные от уже выполненных геологических и технологических оценок, чтобы знать информацию о содержаниях компонентов в руде, количестве руды, производственных и капитальных затратах, а также используемых ценах для рассматриваемого проекта. Эти входные данные представляют только начальный этап сбора информации и более полезны для того, чтобы идентифицировать проблемы, чем для того, чтобы получить какие-то окончательные результаты. Хорошо, если на этой стадии могут быть сделаны предположения о возможных изменениях входных данных. Грубую оценку выполнимости проекта на этом этапе может дать метод расчета ежегодного дохода (см. Приложение 2).
5. Идентифицируйте и спрогнозируйте на постоянном денежном основании все важные переменные, типа цен и затрат. Начните с грубых прикидок, где необходимо, и уточняйте их в процессе оценки. Определите затем значения всех основных статей затрат, включая загрязнение среды и ее будущее восстановление, а также затраты на закрытие производства. Увеличение масштабов производства всегда приводит к снижению удельных затрат, что часто является важным. Со стороны спроса, увеличение производства должно быть сбалансировано более низкими рыночными ценами продукции. Реальная проблема в исследовании характеристик спроса состоит в том, что аналитики должны всегда использовать исторические данные для анализа будущих событий. Прошлое может быть ключом к настоящему в области геологии, но это часто неверно для экономики и оценки проектов. Тем не менее, необходимо использовать исторические циклические колебания цен и предсказать параметры

- будущей экономической деятельности и издержек производства, чтобы оценить будущие цены.
6. Рассчитайте ориентировочный (для постоянных денег) поток наличности с известными налогами и лицензионными платежами и определите NPV, IRR, и окупаемость проекта. Хотя в реальном мире существует инфляция, включение ее в ранний анализ потока наличности будет добавлять только ненужные осложнения. Чтобы определить NPV, должна быть выбрана учетная ставка. На этой стадии может быть подходящей пороговая (hurdle) ставка для постоянных денег - 6-8 %, которая в дальнейшем будет подогнана к риску. Учитывающие риск учетные ставки должны быть одинаковыми для всех подобных проектов на одинаковых уровнях развития. Различные типы проектов могут потребовать отличающихся уровней приспособления учетной ставки к риску.
 7. Сделайте “проверку на реальность” Имеют ли смысл полученные результаты начального анализа потока наличности? Как эти результаты сопоставляются с предварительным анализом, проведенным на шаге 4? Процесс оценки сейчас более сложен, поэтому здесь легко сделать ошибки. Всегда полезно использовать больше чем один метод, чтобы оценить сложный проект и сравнить результаты этих двух методов. Если проверка на реальность терпит неудачу, найдите и исправьте ошибки в логике рассуждений или бухгалтерском учете, а также (при необходимости) улучшите качество исходных данных; а затем повторите процесс. Это важный, но часто забываемый шаг в процессе оценки. Полезно выполнять эту проверку на реальность после завершения каждой значащей части оценки.
 8. Проведите анализ чувствительности, чтобы идентифицировать критические переменные, минимальные и максимальные оценки проекта. Улучшите качество исходных данных для критических переменных, и, если есть существенные изменения данных, выполните заново расчет потока наличности и анализ чувствительности. Проверьте эффекты изменения учетной ставки в анализе чувствительности. Проведите анализ сценариев (см. _____), чтобы проверить эффекты измененных предположений, но имейте в виду возможные ловушки. Рассмотрите на этом этапе возможность перехода от анализа сценариев к вероятностному анализу.
 9. Напишите промежуточный отчет о результатах оценки проекта, понятный для намеченной аудитории. Это сообщение должно идентифицировать основные ключевые факторы, доказывающие, почему проект должен или не должен быть продолжен, и что должно быть более подробно изучено в будущих исследованиях. Важно, чтобы в течение процесса оценки проекта были подготовлены несколько таких отчетов. Они формализуют процесс формирования и озвучивания мнений и заключений. Это особенно важно для того, чтобы провести анализ сценариев, в котором учтены многочисленные предложения и рассчитано много вариантов потоков наличности. Имейте в виду, что эту информацию легко потерять в процессе многочисленных компьютерных запусков, которые характерны для анализа сценариев.
 10. Рассмотрите, существует ли другой метод оценки, (например, моделирование Монте-Карло, деревья решений или ОР анализ), чтобы обеспечить альтернативные данные для принятия решения. Это особенно важно, когда инвестор имеет многочисленные цели, которые отражают его отношение к риску, или когда обычный начальный анализ DCF показывает незначительные отрицательные или положительные оценки проекта. Если анализ указывает на возможность циклического развития цен, то следует убедиться, что Вы учли альтернативы закрытия проекта с помощью изменения системы разработки или бортовых содержаний, чтобы управлять затратами в течение прогнозируемого

времени низких цен и отрицательных потоков наличности. Здесь может использоваться имитационный анализ.

11. В случае правительственной оценки социальных последствий проекта может потребоваться дополнительный анализ, чтобы идентифицировать все его возможные социальные преимущества и затраты. Правительство может рекомендовать включить в оценку анализ входа/выхода, эконометрическое моделирование, или теневые цены.
12. Рассчитайте соответствующий (на постоянных ценах) баланс и расчет доходов/убытков, чтобы определить эффект от проекта на организацию в целом. В случае социального проекта это будет эквивалентно анализу входа/выхода или эконометрическому моделированию.
13. На этом этапе может быть рекомендовано спрогнозировать будущую инфляцию и обменные курсы, а также рассчитать поток наличности, NPV, IRR, и окупаемость в текущих ценах. Поскольку инфляция уменьшает реальную ценность фиксированных отчислений, типа амортизации и истощения на основе издержек, то налоги будут больше, а NPV и IRR меньше, чем для случая постоянных цен. Анализ в текущих ценах также необходим, чтобы показать, как изменяющийся во времени рост инфляции модифицирует ежегодные значения потока наличности.
14. Сделайте заключения о ценности проекта с точки зрения инвестора или организации. Удостоверьтесь, что анализ учитывает непредвидимые ситуации, когда все развивается не так, как надо, а также оценивает вероятность таких случайных событий и последствий этих событий. Также удостоверьтесь, что риск проанализирован способом, совместимым с другими проектами, которые инвестор или организация уже рассматривала. Сравните экономику данного проекта с другими исследуемыми проектами.
15. Сделайте следующий отчет и сообщение, которое будет подходящим для намеченной аудитории, и обсудите общую выполнимость проекта. Это сообщение должно объединять результаты выполненной оценки с целями инвестора и использовать анализ принятия решений, чтобы сделать соответствующие рекомендации для компании.
16. Если проект кажется выполнимым и если размер инвестиций является чрезмерным по отношению к активам инвестора, то следует провести анализ кредитного финансирования. Это делается дополнением ориентировочного анализа потока наличности за счет включения в него условий кредитования и кредитных процентных ставок. Определите подходящие варианты финансирования, ограничения, отношения и соглашения, которые, вероятно, будут выставлены кредитором. (Отметьте, что котируемые учетные ставки банка –это всегда текущие ценовые нормы и поэтому они должны быть скорректированы по уровню инфляции, если они будут использоваться в постоянном ценовом анализе.)
17. Если проект все еще кажется выполнимым, определите его ценность с точки зрения других участников проекта, являются ли они кредиторами, правительствами, или частными корпорациями. Включите в расчет распределение экономической ренты среди этих участников. Цель этого анализа состоит в том, чтобы получить преимущества для использования на будущих переговорах. Этой фазой процесса оценки часто пренебрегают, но она может привести к большим выгодам за счет увеличения суммы получаемой ренты или уменьшения времени переговоров.
18. Отрегулируйте различия в ценности проекта и рисков среди участников проекта и сделайте соответствующие выводы.

19. Обобщите результаты проекта и напишите заключительный отчет об оценке. Еще раз убедитесь, что включили анализ всех возможных ситуаций. Оцените риски, сравнив их с рисками в других проектах, которые рассматривает организация, и отношение организации к риску.
20. После того, как проект принят и закончен, проведите его ревизию, а также анализ процесса оценки, чтобы сравнить результаты с практическим опытом. Хотя последующая ревизия инвестиций уже не является частью процесса оценки, но она обеспечивает дополнительную информацию для будущего использования.

5.7.2. Потенциальные ошибки в оценке проектов и рисков

В процессе оценки существует реальная возможность для ошибок, вызванных использованием несоответствующих процедур или неспособностью аналитика предвидеть будущее. Эффекты индивидуальных ошибок могут быть большими или маленькими, в зависимости от величины ошибок, являются ли ошибки взаимозависимыми и суммируются ли ошибки или компенсируют друг друга. Ожидаемый суммарный эффект от потенциальных ошибок (то есть, предсказанных ошибок) может быть подсчитан с помощью учитывающей риск учетной ставки (в случае анализа DCF) или при помощи других аналитических методов, типа деревьев решений. Риск не может быть уменьшен с помощью анализа. Однако, анализ может выдвинуть такие проблемы на первый план, чтобы лица, принимающие решения, могли предпринять соответствующие действия для уменьшения риска, типа заключения долгосрочных коммерческих контрактов, использование методов хеджирования товара и валюты или страхования.

Чрезмерный оптимизм

Люди предлагают проекты, потому что считают их выгодными. Однако, часто находятся защитники или противники проекта, которые рассматривают его с различных точек зрения и могут иногда указывать на его важные недостатки. Легко стать менее объективным, чем требуется, особенно когда человек или группа людей сами нашли данный проект или когда проект оценивался в течение многих лет и требует монументальных усилий для проверки и переоценки. Объективность в оценке потенциальной прибыли и потерь трудно достижима, если процесс оценки продолжался в течение долгого времени, но это, тем не менее, необходимо.

Ошибки с текущими и постоянными деньгами

Все позиции в потоке наличности должны быть идентифицированы в постоянных или текущих ценах (деньгах). Точно так же должны использоваться постоянные или текущие учетные ставки, чтобы правильно определить величину потока наличности. Самая частая ошибка, которую делают в анализе DCF, состоит в том, чтобы использовать инфляционную учетную ставку для оценки постоянного денежного потока наличности.

Примеры этого типа ошибки встречаются в руководствах для налоговых экспертов многих государств. Эти руководства рекомендуют использовать показатель дохода при оценке собственности, в результате чего прогноз ежегодного дохода от собственности обесценивается, используя взвешенные средние затраты капитала в качестве учетной ставки. Прогноз ежегодного дохода обычно делается экстраполяцией исторического уровня дохода в течение ряда лет, а прогнозируемые потоки наличности рассчитываются в постоянных деньгах. Однако, учетная ставка рассчитывается на основе текущих денег. Тот факт, что такой некорректный подход является общей практикой, не делает его более правильным.

Другая частая ошибка состоит в том, чтобы сравнить постоянный денежный IRR с текущими денежными процентными ставками. Например, ряд равных потоков наличности в течение нескольких лет часто используется как основание, чтобы оценить инвестиции. Эти равные потоки наличности и расчетный IRR рассчитываются в постоянных ценах. Однако, обычно, этот постоянный денежный IRR сравнивается с текущим денежным MARR, (например, курсом облигаций), чтобы решить, выгоден ли данный проект.

Геологические и технологические ошибки

Ошибки в оценке горного проекта могут легко быть сделаны в процессе геологических и технологических оценок, когда идентифицируются ресурсные и технологические риски. Эти ошибки влияют на прогнозы производственных и капитальных затрат, прогнозы времени завершения проекта и прогнозы производства минеральной продукции. Множество этих факторов могут быть взаимосвязаны, типа содержания металла в руде, количества продукции и эксплуатационных расходов. Особенно важна геологическая оценка ресурсов, потому что расположение руды и ее характеристики формируют основу всех последующих шагов, а сами эти факторы абсолютно не могут контролироваться горной компанией. Всегда возможно изменить методы отработки запасов руды или технологию ее переработки, если обнаружены ошибки в технологической оценке (конечно, с некоторыми затратами капитала), но характеристики месторождения не могут быть изменены после обнаружения ошибок в геологической оценке. Лучший способ управления геологическим риском состоит в том, чтобы иметь достаточный запас прочности в прогнозах рудных содержаний и тоннажа.

Ошибки экономической оценки

Главные ошибки в оценке любого большого проекта почти всегда вводятся в течение стадии экономической оценки. Аналитики способны сделать ошибки во всех прогнозах, включая цены на продукт, экологические стандарты, и прогресс технологии. Кроме того, обычными являются ошибки в определении качества руды и готовой продукции из-за изменяющейся технологии добычи и обогащения руды, а также из-за меняющихся требований к минеральной продукции на товарных рынках. Оценщики часто вынуждены использовать исторические тенденции, чтобы сделать прогнозы будущего, а эта тактика часто приводит к неправильным результатам.

Рыночный риск, который включает неопределенность цен на минеральную продукцию и размер спроса, является главным беспокойством в любой проектной оценке. Он может быть уменьшен с помощью долгосрочных контрактов, наличия клиентов, которые имеют акции данного проекта, использования методов хеджирования и опционов. Однако, беспокойство о рыночном риске часто может быть чрезмерным. Компании должны научиться использовать в своих интересах ожидаемые изменения в рыночных ценах, вместо того, чтобы пытаться избежать возможных проблем или делать вид, что они не существуют.

Ошибки в выборе учетных ставок или оценке риска

Правильный выбор учетной ставки и корректная оценка рисков, независимо от их источников, представляют собой главные родники ошибок. Восприятие риска при данных обстоятельствах в значительной степени зависит от индивидуальных особенностей инвестора, а также от того, является ли инвестор человеком, фирмой, или правительством. Так например, три индивидуальных инвестора с различными склонностями к риску рассмотрели бы выполнимость опасного проекта по-разному.

Редко бывает, когда два инвестора оценивают один и тот же проект одинаково. Кроме того, восприятие риска может измениться во времени, поскольку проект развивается. То, что воспринято, как опасность в начале проекта, типа геологических данных, может быть воспринято совершенно по-другому в более поздний период в жизни

проекта. Восприятие риска может также очень отличаться в зависимости от соотношения размеров потенциальных потерь и прибыли проекта и величины активов инвесторов. Чтобы минимизировать затраты на предполагаемый риск, важно, чтобы эти риски были приняты теми участниками проекта, которые находятся в лучшем положении, чтобы управлять ими и уменьшать их влияние на проект.

Ошибки, которые могут происходить при выборе учитывающих риск или безрисковых учетных ставок, зависят от типа оценки и входных данных. Например, оценки NPV всегда должны использовать учитывающие риск данные. С другой стороны, для вероятностного анализа большая часть риска должна быть учтена в вероятностной природе входных данных, и эта часть риска должна быть исключена из учетных ставок.

Непоследовательность в оценке риска

Всеми признано, что аналитики должны включать риск в оценку любого проекта. Однако, не все признают, что они должны определять эти риски способом, совместимым с методами, используемыми в конкурирующих проектах. В противном случае, не будет получена корректная оценка проекта, и он не сможет быть достоверно сопоставлен с другими проектами. Оценщики должны быть осторожными в оценке рисков, потому что далеко не все проекты подобны по природе или стадиям развития. Например, два золотых месторождения в той же самой геологической области страны могут находиться на различных стадиях освоения. Менее развитый проект имеет больший риск, чем другой, и соответствующие учетные ставки должны отразить эти неравенства. Потребность определять сопоставимые уровни риска для нескольких проектов легко понять, но этот процесс может быть очень трудным на практике.

5.7.3. Оценка больших проектов

Используемые методологии и усилия, потраченные на оценку проекта, часто зависят от его размера. Большие инвестиционные возможности имеют больше потенциала как для финансового успеха, так и для крушения по сравнению с единственной маленькой возможностью и поэтому заслуживают дополнительных усилий по оценке. Однако, сделки между большими корпорациями часто являются результатом переговоров между их старшими руководителями, которые при этом полагаются на свой опыт и правильные решения при определении ценности проектов в относительно короткие сроки из-за постоянной нехватки времени. Эта ситуация снова выдвигает на первый план факт, что люди, а не методы оценки, принимают инвестиционные решения.

Стоит отметить, что аналитики могут провести значительную часть их профессиональной жизни в процессе оценки единственного большого проекта. При этих условиях, проекты влияют на их жизнь как источник дохода. Естественная человеческая склонность в такой ситуации - способствовать успешному развитию проекта. Иногда очень трудно отклонить перспективу (технологическое решение и т.п.), которая была принята на ранней стадии оценки много лет назад. Хорошо это или плохо, зависит от обстоятельств. Ясно, что нежелательно продолжать развитие инвестиционной возможности, которая может быть заменена другой альтернативой. С другой стороны, слишком быстрый отказ от проекта также нежелателен. Много выгодных инвестиционных возможностей были искажены и отвергнуты по этой причине. Невозможно предложить какие-то конкретные решения для этих ситуаций из-за многих уникальных особенностей каждого проекта, которые должны учитываться в оценке.

Постинвестиционные ревизии – это полезные инструменты, чтобы определить, почему некоторые большие проекты преуспевают, в то время как другие терпят неудачу. Отказ или успех могут произойти по непредвиденным или даже непостижимым причинам, которые могут заставить явно выгодный проект оказаться сомнительным. Однако постинвестиционные ревизии являются дорогостоящими и не дают

непосредственной отдачи в виде возвращения на инвестициях. Поэтому корпорации или правительства обычно не предпринимают усилий для этого.

5.7.4. Заключение

Обычно используются много методов инвестиционной оценки. Все они имеют ошибки, и ни один не адекватен полностью и во всех случаях. Измерители (критерии), основанные на ценности или на норме возвращения, обеспечивают полезную информацию лицу, принимающему решение. Однако, оценщики иногда забывают, что их анализ просто обеспечивает информацию, но он не выбирает и не может выбрать лучший проект. Инвестиционный выбор делает информированное лицо, принимающее решение, со своими уникальными требованиями к оценке, а не компьютерная программа или метод оценки,.

Другой аспект оценки проекта, которую оценщики часто опускают, - это несоответствие между низкой степенью точности прогнозов цен, затрат и количеств и более высокой степенью точности, возможной в вычислении других компонентов потока наличности, типа учетной ставки и налогов. Легко потратить слишком много времени на менее важные детали только потому, что эти детали могут быть вычислены с большой точностью. Зная неуверенность в прогнозе цен, имеет ли смысл, например, использовать сложные варианты дисконтирования, подробно рассчитывать налоги или получать средневзвешенные затраты капитала, определенные с точностью до двух десятичных знаков? Может быть заманчивым очень точно определить каждый компонент потока наличности, но ограничения, связанные с ценовыми прогнозами на 20 лет, делают такую точность для других параметров совершенно ненужной.

Возможно более важным, чем выбор метода оценки, является включение в оценку всех сопутствующих затрат и доходов, даже при том, что аналитики часто с достаточной точностью не знают величину этих затрат и доходов. Например, в прошлые годы слишком малое внимание обращалось на затраты по закрытию горных проектов. Эти затраты могут быть существенными и должны быть включены в любую современную оценку. Кроме того, правительства и отрасли промышленности должны присваивать больший вес социальным затратам, поэтому такие затраты должны быть включены в любой крупномасштабный горный проект.

Создание более сложных методов оценки требует широкого использования компьютеров, чтобы такая оценка была успешной. Отказ использовать способности компьютеров не дает участнику проекта преимуществ, потому что современная оценка главным образом полагается на компьютерное моделирование.

Новые методы оценки непрерывно развиваются, пытаются решить или избежать многих проблем, связанных с анализом дисконтированного потока наличности. Оценка Опционов и моделирование могут решить некоторые из теоретических недостатков анализа DCF в условиях неопределенности. Моделирование Монте Карло, когда оно используется в соединении с теорией предпочтений инвестора, показывает особенно высокие результаты. Имитации, которые используются для производственных решений, также могут оказаться мощным инструментом оценки. Эти методы становятся в настоящее время все более популярными.

Только тщательно выбирая соответствующие методы оценки, а также категории и значения прибыли и затрат, аналитик может обеспечить достаточную информацию лицу, принимающему решение. Хотя все эти методы имеют ошибки и недостатки, они – лучшее, что доступно в настоящее время. Намного полезнее использовать существующие методы оценки, чтобы получить информацию относительно ценности проекта, чем полагаться на чье-то субъективное мнение.

5.8. Литература

1. Thomas F. Torries, Evaluating Mineral Projects, Society for Mining, Metallurgy, 1998

6. Оценка риска инвестирования в горные проекты

6.1. Учет риска в анализе проектов [1]

Для любого проекта многие факторы, цены, затраты, графики и количества не могут быть известны с большой достоверностью. Поэтому, лица, принимающие решения, должны попытаться понять последствия от незнания этих параметров и деталей планов. Методы оценки эффектов этих неопределенностей, используемые в настоящее время в расчетах потоков наличности, включают: анализы чувствительности, сценариев, моделирование Монте-Карло, эквивалент определенности, байесовский подход и исследования политического риска.

6.1.1. Анализ чувствительности

Анализ чувствительности – это простой процесс изменения одного или более факторов, чтобы увидеть то, как это изменение влияет на ценность проекта. В то время как анализ чувствительности помогает понять эффекты неопределенности, он не дает в результате детальных параметров проекта, учитывающей неопределенности.

Одно из больших преимуществ анализа чувствительности - то, что он идентифицирует те факторы, которые в наибольшей степени затрагивают экономику проекта. Это позволяет оценщикам более эффективно собирать дополнительные данные. Например, нет никакого смысла в снижении затрат на обогащение, если изменения этих данных остаются в тени больших ожидаемых изменений цен продуктов данного проекта.

Простой инструмент, который может использоваться в анализе чувствительности, известен как диаграмма паука. Пример такой диаграммы для гипотетической инвестиционной возможности показан на рис. 6.1., из которого видно, что изменения товарной цены (то есть, доход) затронули NPV больше чем изменения в капитале или в эксплуатационных расходах. Это - обычный случай, потому что доход включает все источники поступлений, тогда как эксплуатационные расходы и капитал представляют только части общих затрат. Поэтому, процентное изменение производственных или капитальных затрат не имеет такого большого эффекта на NPV как процентное изменение суммы полных доходов.

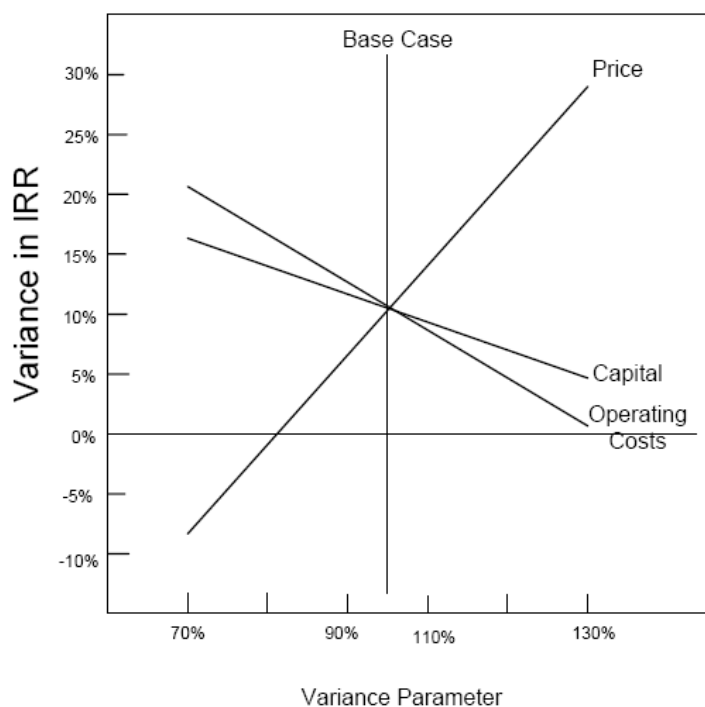


Рис. 6.1. Пример диаграммы паука, показывающей влияние изменений цен, капитальных затрат и производственных затрат на IRR.

Другой важный фактор, затрагивающий результаты оценки - выбор времени инвестиций относительно ценовых циклов. Здесь также может быть выполнен анализ чувствительности, чтобы обеспечить понимание важности ценовых циклов на ценность проектов.

6.1.2. Анализ сценариев

Лица, принимающие решение, понимают неопределенность, создаваемую многократными комбинациями значений факторов; поэтому они иногда исследуют результаты сценариев, в которых изменены комбинации ключевых переменных. Этот подход больше известен как анализ сценариев. Рассмотрим сначала "основной" случай упрощенного расчета ориентировочного потока наличности для потенциальных инвестиций (табл. 6.1.). Поток наличности состоит из однократных инвестиций и 10-ти летних равных доходов и затрат на постоянном денежном основании. Если минимальная приемлемая норма возвращения потенциального инвестора на учитывающем риск основании - 10 %, то NPV проекта - 5 692 \$. Ради простоты, предположим, что безрисковая учетная ставка - 6.00 %, которая подразумевает, что компонент риска первоначальной учетной ставки - приблизительно 4 %.

Таблица 6.1. Базовый случай расчета потока наличности

ПОКАЗАТЕЛИ	ГОД			
	0	1	2	10
Цена продукции,\$		2.50	2.50	2.50
Количество		60000	60000	60000
Суммарный доход,\$		150000	150000	150000
Тарифная ставка зарплаты,\$		15000	15000	15000
Затраты на единицу энергии,\$		2.50	2.50	2.50
Затраты на единицу материалов,\$		3.00	3.00	3.00
Численность работников		5	5	5
Затраты энергии		500	500	500
Затраты материалов		8000	8000	8000
Суммарные производственные затраты,\$		100250	100250	100250
Капитальные затраты,\$	300000			
Поток наличности,\$	-300000	49750	49750	49750

В этом случае используется учитывающая риск учетная ставка, чтобы сократить величину будущих доходов. Хотя существуют многочисленные теоретические проблемы в использовании такой учитывающей риск нормы, главная проблема состоит в том, как правильно выбрать фактор риска, который бы точно представлял реальный риск. Может быть сделана субъективная оценка риска и выбран фактор риска, но эта процедура не прибавляет веры результату инвестиционного решения, если фактор риска будет неправилен. Если истинный риск намного выше, то соответствующая повышенная, учитывающая риск учетная ставка может привести к отрицательному NPV для проекта, что заставит его отклонить. Хотя нежелательно отказываться от хорошего проекта, но еще более важно не потерять большие деньги.

Проблема, перед которой часто оказывается лицо, принимающее решение, - недостаток информации, чтобы сделать обоснованное решение. Единственный выполненный ориентировочный расчет потока наличности и цифра NPV не дают никаких сведений об изменениях, которые могут ожидаться во входных параметрах или о том, какое воздействие эти изменения могут иметь на ценность проекта. Один из способов идентифицировать и определить количество таких неопределенностей состоит в том,

чтобы построить сценарии, использующие ожидаемые диапазоны входных переменных. Пример создания и результаты трех сценариев: оптимистического, основного и пессимистического показан в таблице 6.2.

Таблица 6.2. Различные сценарии, использующие базовый случай, как стартовую точку

ПОКАЗАТЕЛИ	Ежегодные потоки наличности в течение 10 лет		
	Оптимистический	Основной	Пессимистический
Цена продукции,\$	8.00	2.50	2.00
Количество	80000	60000	40000
Суммарный доход,\$	640000	150000	80000
Тарифная ставка зарплаты,\$	12000	15000	16000
Затраты на единицу энергии,\$	2.00	2.50	3.50
Затраты на единицу материалов,\$	2.75	3.00	4.00
Численность работников	4	5	8
Затраты энергии	350	500	700
Затраты материалов	7000	8000	9500
Суммарные производственные затраты,\$	67950	100250	168450
Капитальные затраты,\$	250000	300000	450000
Поток наличности,\$	572050	49750	-88450

Основной случай, построенный на "лучших" оценках проектных параметров, и результирующий NPV часто выступают (хотя это неправильно), как "ожидаемая ценность" проекта. (В статистическом смысле, этот основной случай весьма часто - не является ожидаемой величиной. Ожидаемый случай может быть определен только с помощью вероятностного анализа, поскольку распределение входных факторов в расчетах основного случая не рассматривалось). Пессимистический случай показывает результаты того, что случается, когда все идет плохо, а оптимистический вариант показывает, что происходит, когда все идет хорошо. Как показывает табл. 6.2, переменные, не известные с достоверностью, включают цену, проданное количество товара, размер заработной платы, цену энергии, стоимость материалов, число рабочих, количество требуемой энергии, количество требуемых материалов и количество необходимого капитала. При MARR = 10 %, NPVs этих трех сценариев для этого примера – 3,265,000 \$, 5,692 \$, и -\$993,487 соответственно. Вопрос, возникающий теперь перед лицом, принимающим решение, - должен ли этот проект быть принят? В то время как "ожидаемый" NPV положителен и оптимистический NPV показывает возможность получения прибыли, намного большей чем минимальная, вероятность потери почти 1 миллиона \$ на инвестициях 450 000 \$ является дезорганизующей, если не сказать больше.

Инвестор, использующий анализ сценариев таким способом, вполне может принять неправильное решение. Анализ, приведенный в табл. 6.2. дает опасную и ошибочную иллюзию, что средней или ожидаемой ценностью проекта является 5 692 \$ и, что максимально проект даст прибыли 3 256 000 \$ и убытков - 993 487 \$. Все три эти заключения вводят в заблуждение.

Прежде всего, маловероятно, что все затраты и количества для каждого из сценариев имеют аналогичные вероятности возникновения. В оптимистическом случае субъективная вероятность того, что цена на энергию будет не больше чем 2.00 \$, по крайней мере, не подобна субъективной вероятности того, что затраты капитала будут не больше чем 250 000 \$. В этом случае весь анализ этого сценария будет окончательно испорчен и бесполезен.

Даже если все параметры для каждого из сценариев имеют подобные вероятности, то результаты анализа все еще вводят в заблуждение. Теория вероятности показывает, что суммарная вероятность того, что в то же самое время все цены будут высокими и все

затраты низкими чрезвычайно низка. Более вероятно, что некоторые цены будут выше чем ожидаемые, некоторые ниже, а некоторые такими, как ожидалось. Не имеет смысла основывать деловые решения на событиях, которые маловероятны.

Кроме того, даже основной случай «ожидаемой» ценности может также быть не корректным. Как будет показано в следующем разделе по вероятностному анализу, истинная ожидаемая ценность должна быть определена способом, отличным от простого расчета потока наличности с помощью значений, которые "вероятно" могут иметь место.

Анализ сценария - широко используемый, но потенциально очень опасный инструмент для лица, принимающего решения. NPV для каждого из сценариев математически корректны, что дает ощущение уверенности, но заключения, которые лицо, принимающее решения, может сделать из полученных результатов, могут вполне быть ошибочными. Анализ сценария может быть полезным, но должен использоваться только с чрезвычайным предостережением.

6.1.3. Вероятностный анализ и моделирование Монте Карло

Вероятностный анализ может быть рассмотрен, как предельный вариант анализа сценариев, когда все возможные случаи рассматриваются одновременно. На входе этого анализа рассматриваются распределения значений для каждой переменной, используемой в расчете потока наличности. Другими словами, здесь вместо единственной величины, как в анализе сценариев, на входе используется диапазон значений и вероятностей их возникновения. Так как входы являются вероятностными, то большинство риска, свойственного проекту, отражено в диапазонах входных переменных. Поэтому, учетная ставка, используемая в вероятностных методах оценки должна отразить только риск, который непосредственно учитывается в потоке наличности. Компонент риска в учитывающей риск учетной ставке уменьшается на величину суммарного риска, выраженного в вероятностном диапазоне входных величин. Если все риски полностью отражены при вероятностном определении диапазона входных параметров, то должна использоваться безрисковая учетная ставка. Этим данный метод отличается от учитывающей риск учетной ставки, которая может использоваться для не вероятностных методов оценки, типа анализа сценариев. При выборе метода моделирования Монте-Карло могут использоваться компьютерные программы, чтобы произвести сотни вариантов расчетов потоков наличности (то есть, сотни сценариев) и NPVs для данного проекта. Затем можно проанализировать статистическое распределение NPVs, чтобы определить ценность инвестиционной возможности. Средний из NPVs, полученных моделированием Монте Карло, представляет собой статистически определенную ожидаемую ценность проекта.

Процедура

Процедура моделирования Монте Карло начинается с расчета основного потока наличности, например, как показано в табл. 6.1., и идентификации диапазонов и распределений наиболее важных переменных. Для обсуждения здесь, могут быть использованы величины, показанные в табл. 6.2., чтобы определить диапазоны входов для этого примера. Затем должны быть определены функции распределения вероятности для каждого диапазона величин. Хотя в вероятностном процессе моделирования может использоваться любой подходящий тип распределения, в данном случае предположим для каждой из переменных, показанных в табл. 6.2. простые треугольные распределения. В этом распределении самые низкие и самые высокие значения, как полагают, имеют маленькие вероятности появления (скажем, меньше чем 5 %), а базовые значения имеют самые высокие вероятности появления.

Использование вероятностных входов для переменных учитывает риск, связанный с неопределенными величинами этих переменных. Учетная ставка, используемая в

моделировании Монте-Карло, должна учитывать этот риск. Следовательно, соответствующая учетная ставка должна включить фактор риска меньше на 4 %, чем принято в примере анализа сценариев. Однако, в учебных целях в этом моделировании Монте Карло будет использоваться учетная ставка 10 %, чтобы проиллюстрировать различие в NPV, получившееся исключительно благодаря вероятностным особенностям моделирования..

Следующий шаг должен оценить возможные корреляции среди входных переменных и сделать соответствующие дополнения во входных параметрах вероятностной программы. Для данного примера (табл. 6.1. и 6.2) предположим, что все переменные независимы, и никакой корреляции не существует. Затем программа начнет выбирать случайные величины из распределения каждой из входных переменных и определять NPV с помощью этих выбранных значений. Эта процедура повторяется достаточное количество раз так, чтобы было определено статистически достаточное количество различных комбинаций величин, и рассчитано статистически большое количество значений NPV. Чем больше число переменных, которые должны быть выбраны, тем большее число итераций должно быть сделано. Для этого примера было сделано 300 повторений, что привело к определению 300 значений NPV.

Треугольное распределение цен на продукцию показано на рис. 6.2. и 6.3. Из-за асимметричного распределения цен, есть более чем 80 % вероятность, что фактическая цена будет больше чем 2.50 \$. Это наблюдение полностью пропущено в анализе сценариев (табл. 6.2.). Рисунок 6.3. также показывает, что есть 50%-ый шанс, что цена будет или выше, или ниже 3.90 \$.

Подобные графики могут быть также сделаны для распределений других входных переменных, как показано на рис. 6.4. и 6.5. Иллюстрация 6.5. показывает обычное асимметричное треугольное распределение для капитальных затрат, т.к. почти всегда есть большая вероятность высоких затрат, чем более низких.

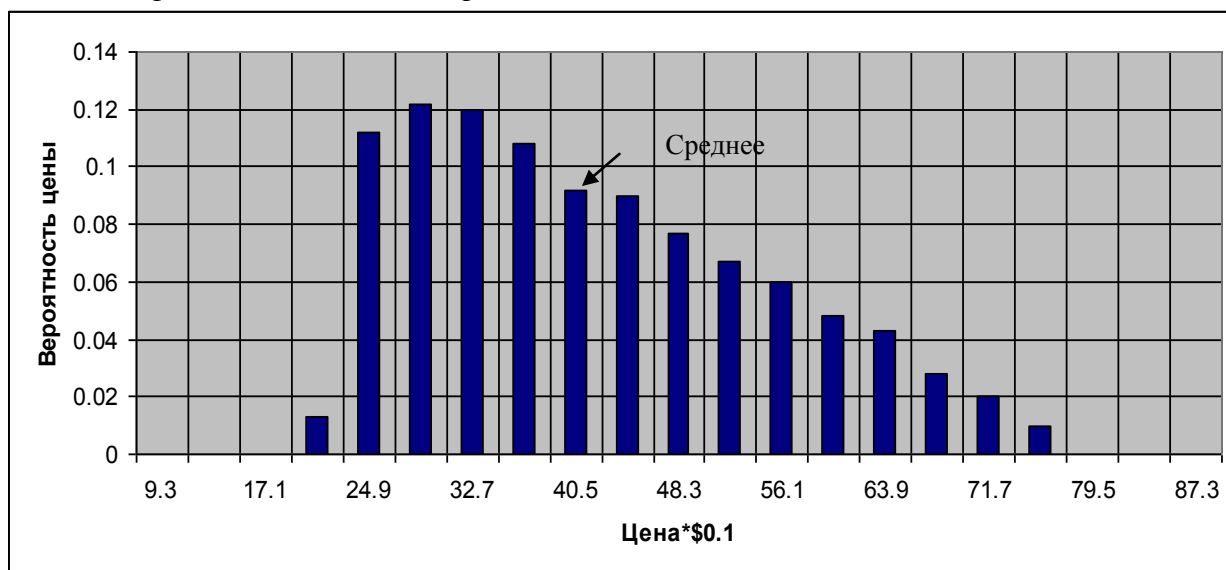


Рисунок 6.2. Распределение цены

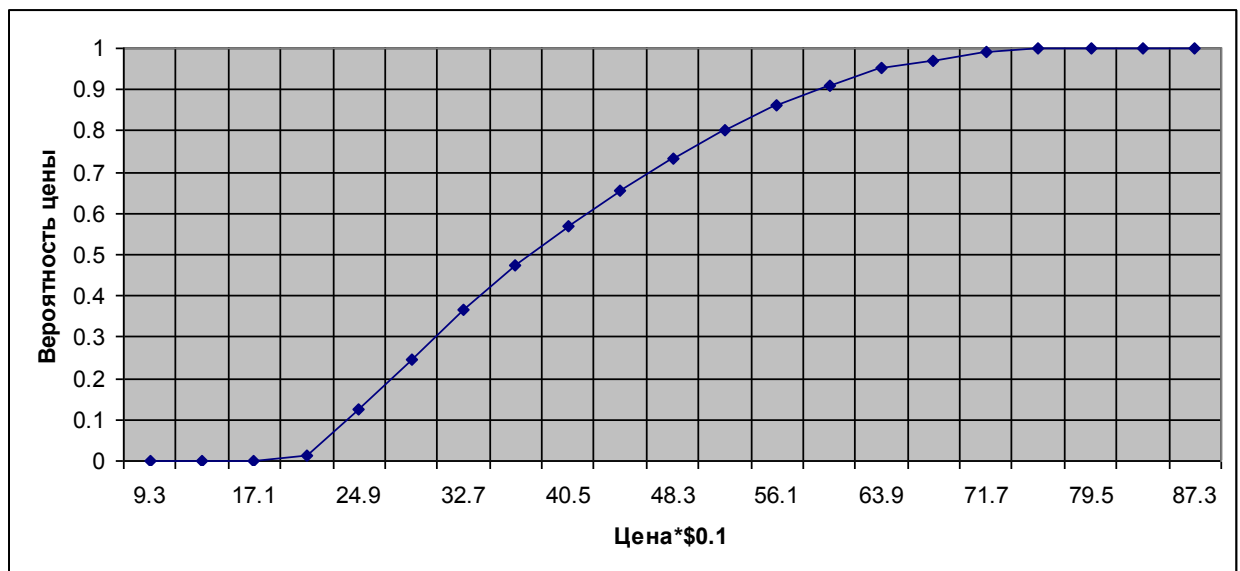


Рисунок 6.3. Кумулятивное распределение цены

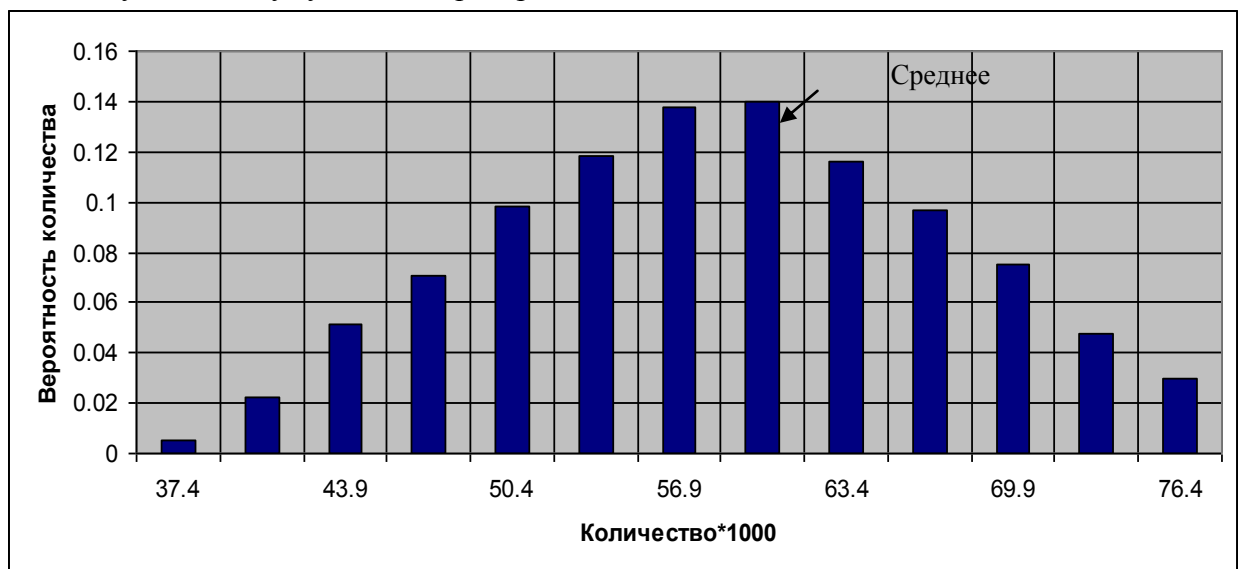


Рисунок 6.4. Распределение количества

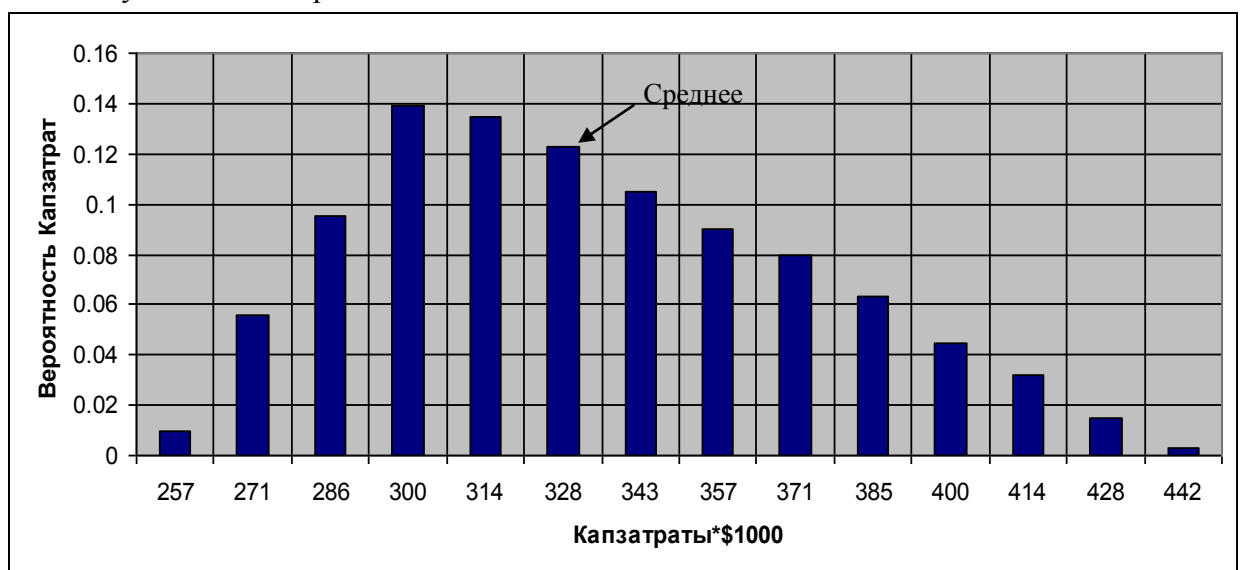


Рисунок 6.5. Распределение Капитальных затрат

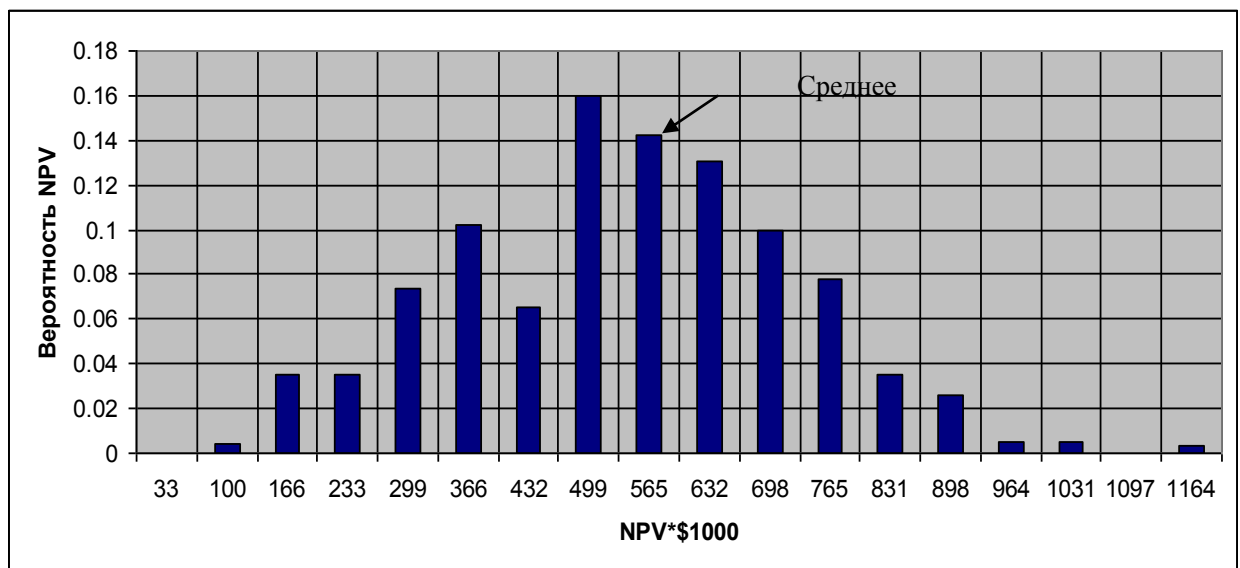


Рисунок 6.6. Распределение NPV

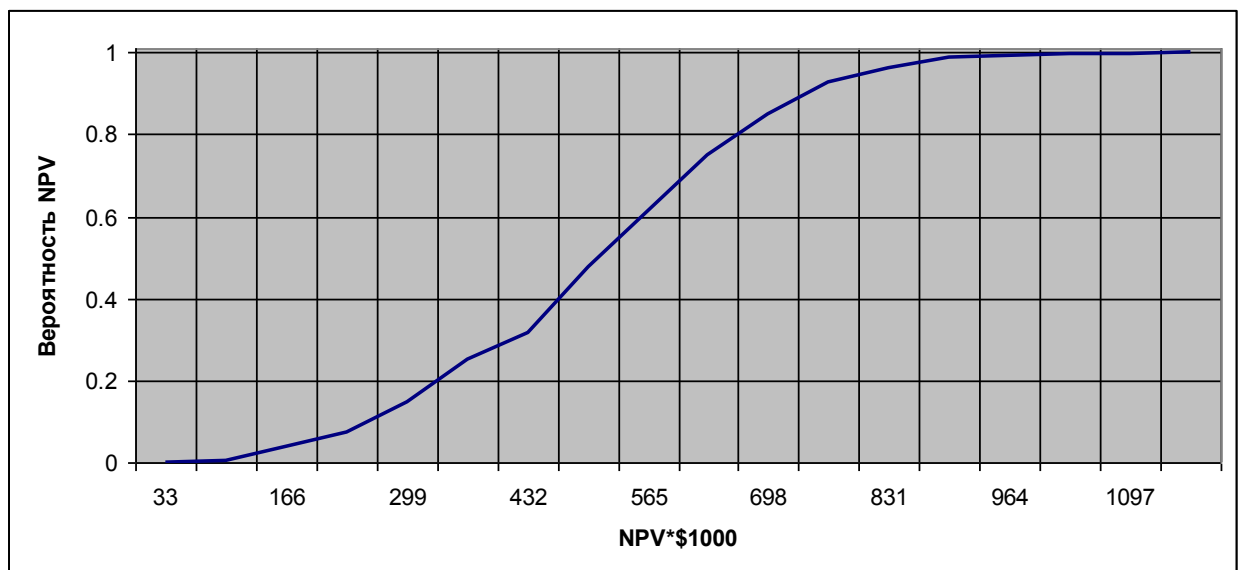


Рисунок 6.7. Кумулятивное распределение NPV

Таблица 6.3. Средние значения для примера вероятностного потока наличности

ПОКАЗАТЕЛИ	ГОД			
	0	1	2	10
Цена продукции,\$		4.17	4.17	4.17
Количество		60000	60000	60000
Суммарный доход,\$		250000	250000	250000
Тарифная ставка зарплаты,\$		14333	14333	14333
Затраты на единицу энергии,\$		2.67	2.67	2.67
Затраты на единицу материалов,\$		3.25	3.25	3.25
Численность работников		6	6	6
Затраты энергии		517	517	517
Затраты материалов		8167	8167	8167
Суммарные производственные затраты,\$		109142	109142	109142
Капитальные затраты,\$	333333			
Поток наличности,\$	-333333	140858	140858	140858

Значения показаны в табл. 6.3. и 6.1., а анализ сценариев - в табл. 6.2. "Ожидаемый" NPV 5 692 \$, показанный в табл. 6.1. и 6.2. резко контрастирует с расчетной ожидаемой ценностью 532 180 \$, полученной с помощью вероятностного моделирования. Это различие получено анализом распределений входных значений. Величины в табл. 6.1. не принимают во внимание вероятностные распределения входных значений. Хотя цена 2.50 \$ может быть наиболее вероятной, но как показано в табл. 6.3., она значительно выше, чем для NPV 5 692 \$, рассчитанного по данным табл. 6.1. и 6.2.

Теперь можно обратиться к начальному вопросу: действительно ли это - стоящий проект? Пользуясь информацией, полученной вероятностным моделированием, лицо, принимающее решения, может легко увидеть, что этот проект не проигрышный даже с высокой учетной ставкой в 10 %. Если бы она была более низкая, т.е. была бы использована более точная безрисковая учетная ставка, то индикаторы оценки проекта были бы еще выше. Однако, ожидаемая ценность проекта, приведенная в табл. 6.3., даже при безрисковой норме, не является ценностью, которую инвестор фактически заплатил бы за проект. Эта ценность не может быть непосредственно получена из вероятностного моделирования без рассмотрения отношения инвестора к риску. Инвестор включил бы риск в вероятностный анализ, чтобы определить эквивалент достоверности проекта, являющийся ценой, которую инвестор фактически заплатил бы. Вероятностный анализ просто описывает риск. Затем оценивается отношение инвестора к риску, чтобы идентифицировать риск и определить цену, которую инвестор согласен заплатить.

6.1.4. Сравнение моделирования Монте Карло с анализом сценариев

Есть большая путаница в том, как соотносятся результаты моделирования Монте Карло и результаты анализа сценариев. Предположим, что наиболее вероятный случай для анализа сценариев рассчитан по средним значениям всех индивидуальных входов. Окончательный NPV в этом случае – это ожидаемая ценность проекта, которая может теперь быть сравнена с аналогичной величиной, полученной моделированием Монте Карло. В анализе сценариев используется более высокая, приспособленная к риску учетная ставка, а моделирование Монте Карло использует более низкую, безрисковую норму. Это означает, что ожидаемая ценность проекта при моделировании Монте Карло будет больше чем для анализа сценария. Однако, ценность не может быть добавлена к проекту просто из-за особенностей используемой аналитической методологии.

В случае анализа сценария, инвестор уже указал свое мнение о размерах риска, свойственного проекту, с помощью выбора учетной ставки, учитывающей риск. Однако, реальные особенности риска в анализе сценариев не могут быть точно идентифицированы. В случае моделирования Монте Карло инвестор не указывает свое мнение о количестве риска, потому что здесь используется безрисковая учетная ставка. Однако, фактические особенности риска видны инвестору из распределения NPV, полученного моделированием многих сценариев. Теперь инвестору остается только интерпретировать риски и решиться сделать инвестиции. Поэтому, ожидаемая ценность из анализа сценариев указывает цену, которую инвестор согласен заплатить в соответствии с принятыми им рисками. Ожидаемая ценность проекта при моделировании Монте Карло соответствует величине, которая выше чем заплатил бы инвестор, потому что отношение инвестора к риску еще не рассматривалось. Инвестор должен теперь оценить идентифицированные риски и с помощью теории предпочтения риска определить фактическую цену, которая будет ниже, чем ожидаемая ценность проекта, полученная методом Монте-Карло.

Если в обоих случаях учетные ставки выбраны правильно, то и моделирование Монте Карло (после того, как будет учтено предпочтение риска инвестором), и анализ сценариев будут давать ту же самую цену, которую инвестор согласен заплатить.

Различие этих двух методов в том, что в анализе сценариев риск оценен на моментальном основании, а в моделировании Монте Карло он определен через идентификацию и анализ особенностей рисков проекта, а также с учетом восприятия риска инвестором.

Информация, полученная вероятностным моделированием, превосходит по своему содержанию информацию, полученную анализом сценариев (единственная оценка ценности проекта). Но на практике оба эти метода часто могут вводить в заблуждение, даже когда проделана надлежащая работа по выбору наиболее вероятных, оптимистических и пессимистических величин, связанных с сопоставляемыми вероятностями.

Пример идеализированных результатов вероятностного моделирования показан ниже на рис. 6.8. и 6.9.

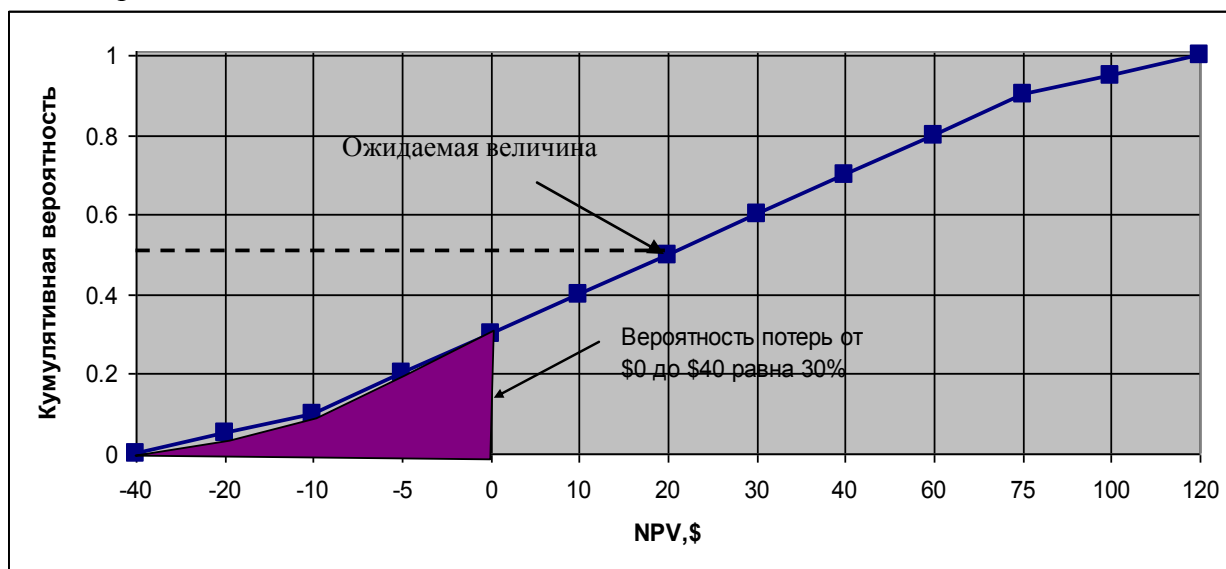


Рисунок 6.8. Использование кумулятивного распределения NPV для оценки вероятных потерь

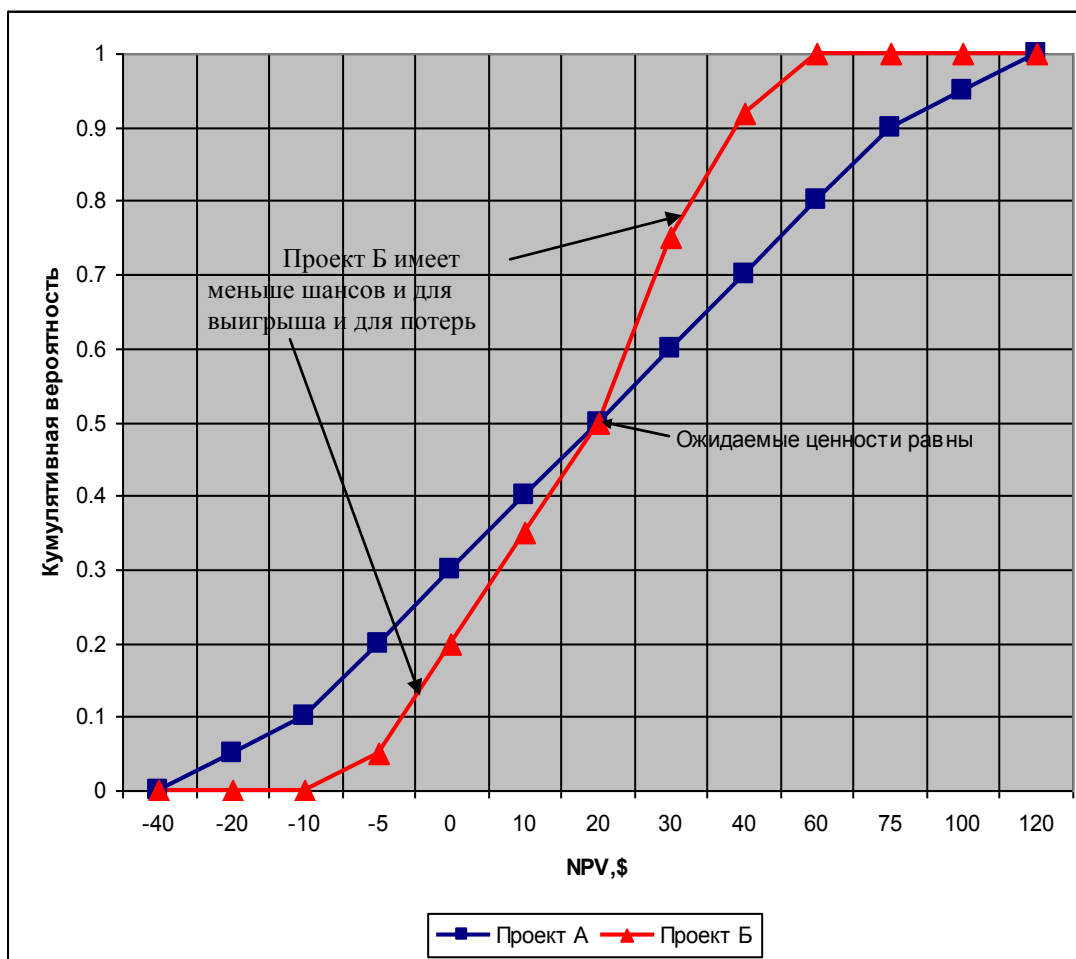


Рисунок 6.9. Сравнение вероятностей двух проектов

6.1.5. Недостатки и ограничения

Вероятностный анализ превосходит расчет единственной ценности или анализ сценариев, но он не используется так широко горнодобывающей промышленностью, как ожидалось бы. Чтобы понять, почему это происходит, нужно рассмотреть недостатки и ограничения вероятностного анализа:

1. Проведение вероятностного анализа было затруднительно до широкого распространения компьютерных электронных таблиц. Сейчас оценщики могут легко выполнить вероятностный анализ на персональных компьютерах с относительно недорогим программным обеспечением.
2. Часто думают, что распределения вероятностей входных переменных трудно рассчитать. Это может быть в некоторых случаях верно, однако аналитик всегда может обсудить стоимостные и коммерческие оценки со специалистами, чтобы получить необходимые распределения. В любом случае, аналитики должны идентифицировать требуемые распределения вероятностей (высокие, средние и низкие) и для анализа сценариев, а получение этих распределений здесь не легче, чем для вероятностного анализа.
3. Трудность в использовании вероятностного анализа состоит в том, что необходимо знать степень корреляции входных переменных. Например, цены на конечную продукцию и входные цены на энергию (типа мировой цены на нефть) часто могут быть коррелированы. В этом случае, неправильно рассматривать цену на продукт, и затраты на энергию, как независимые переменные. Эта трудность может быть действительным препятствием. Однако, современные вероятностные программы могут учитывать субъективные оценки корреляции входных переменных. Следует иметь в виду, что она одинаково существенна и

для анализа сценариев. Другими словами, проблема корреляции - не слишком серьезное основание, чтобы не использовать вероятностный анализ. Степень, с которой более точные оценки корреляций влияют на определение распределения NPV, - это специфический случай, и здесь не может быть сделано никакое другое общее заключение. Часто только некоторые переменные коррелированы, и степень корреляция может быть достаточно точно определена субъективными методами оценки. Можно специально провести анализ чувствительности, используя вероятностное моделирование, чтобы проверить важность корреляции входных переменных. Если степень корреляции существенно не влияет на величину NPV, то корреляция не особенно важна.

4. Более серьезная слабость вероятностного анализа связана со статической и негибкой природой анализа DCF вообще и использованием зависимости переменных от времени. Многие цены на минералы, как правило, беспорядочно не изменяются год от года, а следуют за циклическими колебаниями, которые обычно продолжаются более чем год. Вероятностный анализ DCF не предполагает рациональную реакцию производства на изменяющиеся цены, как это ожидается в действительности. В этом отношении, распределение NPV будет всегда смещаться в сторону уменьшения (то есть, недооценивая проект). Модель моделирования, которая учитывает реакцию производства на стохастические цены и затраты, решила бы многие из проблем моделирования Монте Карло, однако такие модели – вопрос будущего.
5. Вероятностный анализ занимает больше времени, чем анализ сценариев, а аналитики обычно имеют много других проектов, требующих внимания. Однако, необходимое дополнительное время является не таким уж большим. Когда оцениваются большие проекты, то граничная выгода от использования вероятностного анализа намного больше, чем граничные затраты на увеличение требуемого времени. С другой стороны, вероятностный анализ маленьких, несложных проектов может требовать больше времени, чем было бы оправдано.
6. Многие оценщики и даже лица, принимающие решения, иногда не понимают преимуществ вероятностной оценки и более привычно чувствуют себя с анализом сценариев NPV. Однако, современные менеджеры обычно хорошо знакомы с передовыми методами принятия решения.
7. Вероятностный анализ не дает единственного сигнала для принятия решения, как это делает простой расчет NPV или IRR. Это особенно очевидно, когда два или несколько проектов должны быть сравнены и оценены. Вероятностный анализ приводит к результатам с многочисленными атрибутами: количество максимальных потерь и выгод, а также количество ожидаемой выгоды. Сами распределения NPV явно не указывают, какой проект должен быть выбран. В этом случае инвестор должен знать, как интерпретировать его результаты. Странно, но факт, что главной причиной нераспространенности моделирования Монте Карло является его основное методологическое преимущество: большее количество полезной информации.

6.1.6. Отношение к риску и эквивалент достоверности

Важная особенность оценки проекта - то, что различные инвесторы имеют различную терпимость к финансовому риску. Практическое определение и использование этих различий очень трудно. Например, геолог может согласиться финансировать рискованные программы разведки, в то время как большинство банковских учреждений не соглашается этого делать. Эти различия в восприятии риска отражают врожденную неодинаковость людей и фирм в их отношениях к риску. Такие отношения могут быть правильными или неправильными, но они всегда по ряду причин отличаются для каждой организации или индивидуума.

Вероятностный анализ принесет мало пользы, если инвестор неправильно интерпретирует вероятности успеха и неудачи, а так же размеры инвестиций. Для того, чтобы избежать некоторых из таких ловушек, часто в рамках вероятностного анализа используют параметры NPV и IRR, что естественно приводит к попыткам применения научной модели фундаментальных решений, известной как теория предпочтений. Эта теория - расширение понятия ожидаемой ценности, в которой отношения инвестора к деньгам и его интуиция включены, как аргументы в количественную модель решения. Результатом является более реалистичное измерение ценности конкурирующих проектов, характеризующихся риском и неопределенностью.

Применение теории предпочтений в определении ценности проекта не так хорошо известно по сравнению с такими критериями оценки как NPV, IRR и ожидаемая ценность, но сама концепция далеко не нова. Постулаты этой теории основаны на некоторых очень фундаментальных и разумных понятиях о рациональном принятии решения, которые хорошо описаны в соответствующей литературе и довольно часто эффективно применялись в оценке минеральных проектов.

Теория предпочтений привлекательна тем, что позволяет инвестору принимать относительно корректные решения в широком диапазоне опасных инвестиций. Она обеспечивает для инвесторов практический путь, чтобы сформулировать подходящую для них политику, которая учитывает их отношения к риску. При определенных условиях это отношение может быть определено и измерено, как уровень терпимости к финансовому риску (risk tolerance - RT). Величина RT представляет собой денежную сумму, при инвестировании которой для лица, принимающего решение, шансы на возврат этой суммы или на потерю ее половины будут равны. Параметр RT и пример его использования описаны в Приложении 5.

Теория предпочтений обеспечивает графические средства для изображения отношения инвестора к принятию финансово опасных проектов в форме функции полезности, которая измеряет отношение инвестора к неопределенным результатам. Если оценщики знают функцию полезности инвестора, то они могут вычислить учитывающую риск меру оценки любых опасных или неопределенных инвестиций. Эта мера оценки известна как эквивалент уверенности (certainty equivalent - CE); она определяется как величина, известная с вероятностью, при которой инвестор будет безразличен к обмену этой ценности на опасный проект. Например, инвестор может быть безразличным между принятием:

- проекта, который имеет 20% шанс на получение 20 000 \$ и 80% шанс на потерю 5 000 \$ и
- достоверной возможности получения 8 000 \$.

В этом случае, CE инвестора для опасного проекта - 8 000 \$. Параметр CE оценивает неопределенность проекта, а также склонность инвестора к риску и терпимость к возможным последствиям. Сравнения проектов с использованием этого подхода являются более значащими чем сопоставления, использующие только ожидаемую ценность, потому что она описывает только риск проекта и не рассматривает отношение инвестора к риску. При CE подходе должен быть принят проект (ы) с самой высокой величиной CE.

Кроме того, оценка CE обеспечивает инвестору информацию о распределении и разнообразии риска. В отличие от анализа ожидаемой ценности, который основан на правиле принятия решения "все или ничего", оценка CE помогает инвестору определить свой уровень участия в проекте, соответствующий его склонности к риску.

6.1.7. Принятие решения методом Bayesian

Принятие Байесовских решений (также известных как анализ дерева решения) – это другой метод, который имеет дело с вероятностями, существующими в долгосрочных прогнозах потоков наличности. Этот метод признает, что риск существует, неожиданные

события реально происходят, и горный оператор должен будет реагировать на эти события. Обычный анализ DCF – это статический метод оценки, потому что он дает только единственное решение. Проект будет или принят, или отклонен согласно определенным предположениям, включенным в модель DCF. Байесовский анализ является динамическим и не ограничивается единственным решением. Ценности определяются для каждого из возможных решений, идентифицированных в анализе. Создание дерева решений требует, чтобы аналитик был в состоянии идентифицировать соответствующие узлы и оценивать вероятности их возникновения.

В то время как деревья решений позволяют аналитику моделировать эффекты комбинаций вероятных событий (типа снижения количества руды, повышения среднего содержания металла, изменения цены металлов и т.п.), использование этого подхода может легко привести к большой и очень сложной модели. Как следствие, модели дерева решений обычно создаются настолько простыми, насколько возможно, из-за практических ограничений компьютерной памяти и ограничений времени. Однако, простые модели рискуют не учитывать важных деталей будущих решений. Другая проблема заключается в выборе соответствующих безрисковых учетных ставок для узлов дерева решений; риск определяется вероятностным анализом, но он уменьшается со временем, поскольку неопределенность со временем закономерно снижается.

6.1.8. Учет политического риска

Политический риск – это другая область беспокойства для аналитиков. Она имеет широкий диапазон возможных действий, потенциальных затрат и средств с точки зрения и правительства, и инвестора. Чрезмерное налогообложение или коррупция, являются главным беспокойством инвесторов проектов, работающих во многих странах. Есть много способов, которыми правительство может получить свою мзду, включая справедливые требования, ограничения обменного курса и на вывоз прибыли, наложение разнообразных налогов на доходы, импорт и экспорт, а также - лицензионные платежи. Некоторые правительства для повышения своих доходов взыскивают более высокую плату за предоставляемые государством услуги, например – ж/д транспорта. Другой важный фактор – использование правительством различных ставок и норм, типа амортизации и истощения недр, чтобы привлекать или ограничивать инвестиции за счет увеличения или уменьшения налоговых доходов.

Различные способы получения государственных доходов могут иметь различные экономические эффекты на горный проект, например, ограничивая его будущее развитие, поощряя быстрое истощение ресурсов проекта, создавая условия для сокращения количества рабочей силы, увеличивая издержки производства и понижая международную конкурентоспособность проекта.

В разное время были предложены несколько способов учитывать политический риск в оценке проектов. Было создано много схем, которые помогают ранжировать страны с различной степенью привлекательности. Есть много способов, которыми политические риски могут быть уменьшены, но все методы, дающие компенсацию за политический риск, имеют и соответствующие затраты. Страхование может быть использовано, чтобы компенсировать возможные потери из-за конфискации. Чрезмерное правительственное налогообложение или вмешательство в проект иногда могут исключить участие в проекте таких организаций как Международный банк или международных партнеров. Однако, лучший путь для уменьшения чрезмерного правительственного риска – сделать это с помощью действий самого правительства. Правительство должно быть в состоянии идентифицировать долгосрочные и краткосрочные экономически оправданные ренты и полностью понимать последствия от превышения размеров этих рент.

6.2. Решения, вовлекающие неопределенность, риск, и возвращение [2]

Эта глава рассматривает нормы дисконтирования и соотношения между риском и возвращением. Предлагаются концептуальные инструменты для того, чтобы делать сравнения проектов, а также приводятся основные принципы применения этих инструментов рациональным способом.

6.2.1. Определение соответствующей нормы дисконтирования (учетной ставки)

Оценка основного капитала – это функция ожидаемых, будущих доходов (включая оценку вероятности, что они осуществятся) обесцененных (дисконтированных) по норме, которая правильно отражает время и отношение участников к риску.

Низкая норма отражает больше доверия будущему и увеличивают сегодняшнюю ценность проектов. При низких нормах, проекты с долговременным возвращением становятся более жизнеспособными относительно краткосрочных проектов. Однако, низкие процентные ставки (и низкие нормы дисконтирования), не обязательно лучше высоких норм. Долгосрочное развитие проекта также не всегда лучше чем краткосрочное. Самую высокую награду получают предприятия, изделия и услуги которых наиболее совместимы с требованиями экономики в целом.

Определение нормы дисконтирования является одной из первичных проблем, т.к.: компании обычно стремятся получить некоторое минимальное возвращение при больших надеждах на успех, что обычно не происходит. Большинство компаний могло бы быть удовлетворено 10%-ным ежегодным возвращением инвестиций, если оно имеет большую гарантию осуществления. И все же из-за плохой аналитической работы или неспособности правильно определять свои инвестиционные требования, они устанавливают свой критерий, скажем, в 20 %. Таким образом, они переходят в экономическую область с некоторыми особыми типами инвестиций и исключают из рассмотрения другие возможности, которые предлагают больший потенциал для достижения цели. Таким образом, этот путь не приводит к более надежному принятию решения.

Критерий, который используется компанией, может весьма отличаться от критерия, используемого индивидуальными акционерами, т.к. последние, участвующие в рискованных инвестициях с их собственным капиталом, чаще ограничивают свои инвестиции в рискованных случаях. Компания, акционеры которой также не желают рисковать, может удачно инвестировать какую-то сумму в рискованные проекты. Так проект, который, вероятно, даст хорошую отдачу после 15 лет (но не будет иметь прибыли до этого) будет иметь ограниченный интерес для индивидуумов, но все же быть подходящим для компании, составленной из тех же самых индивидуумов. Более ранние возвращения достигаются индивидуумами с помощью продажи акций компании на бирже, даже если сам проект не привел в это время ни к каким возвращениям. Дорога от индивидуального риска/возвращения (по оценке акционера или члена правления) к общекорпоративному риску/возвращению усеяна многими тупиками и ловушками, каждая из которых задерживает выполнение намеченной цели.

Инвестиции в горнодобывающей промышленности традиционно требуют более высокого возвращения из-за повышенного риска. Однако, простое принятие более высокой граничной учетной ставки не решает проблему в случаях, когда альтернативные проекты имеют различный риск. Для получения устойчивых долгосрочных возвращений, средний ожидаемый доход по всем инвестициям для данного проекта должен быть больше или равным затратам капитала плюс премия за:

- затраты на геологоразведку и оценку новых проектов, чтобы в итоге компенсировать кондиционные запасы, отработанные данным проектом

- затраты на поддержание базы "знания" компании и других ее нематериальных активов, чтобы сохранить способность производства в данном проекте или каком-то другом в будущем
- дополнительный риск, связанный с проектом, пока он не начинает функционировать нормально так, чтобы это могло быть оценено рынком. В отличие от обрабатывающей промышленности в горной промышленности намного выше скорость, с которой накопленный опыт обесценивается. Так по мере развития рудника часто изменяются методы добычи. В результате опыт, который приобрела компания, становится больше не нужен.

Вышеупомянутые критерии действительны только для устойчивых возвратов. Компания будет расти быстрее, если возвраты превышают эти граничные требования. Рост дохода (когда он дисконтирован) означает, что компания на самом деле стоит больше. Поэтому ожидание роста приводит к уменьшенным затратам капитала с помощью соответствующей оценки рынком цены акций, по крайней мере, в то время, когда такое ожидание существует.

Исторически, как и ожидалось, среднее возвращение от портфеля инвестиций добывающих компаний не очень отличалось от любых других групповых инвестиций на фондовой бирже. Если компания специально не суммирует ее возвраты от всех существующих проектов, то ее доходы будут уменьшены расходами на:

- продолжающуюся геологоразведку,
- поиск и освоение новых технологий для будущих фаз развития
- потери от проектов, которые дали ниже, чем средний ожидаемый доход по всем инвестициям, поскольку они не были уравновешены проектами, которые бы дали доход выше, чем средний ожидаемый

Есть большое различие между ожидаемыми доходами от операций на фондовой бирже и ожидаемыми доходами от деятельности индивидуальных компаний и проектов. Обычно, проекты не имеют большого разнообразия и должны оцениваться индивидуально. Однако, даже для одной компании со всеми ее «правильными» инвестициями, затраты на возобновление производства (поиск новых месторождений, модернизация технологии) всегда будут уменьшать возвращение по сравнению с индивидуальным возвращением проекта.

6.2.2. Ожидаемые доходы по инвестициям и затраты капитала

Ожидаемый доход по инвестициям в новый проект, в конечном счете, определяется возвратом, полученным от лучшего альтернативного использования ресурсов компании. Число альтернатив, доступных для компании в любой момент времени бывает ограничено, поэтому большинство фирм использует граничные нормы для "требуемого" возврата. Новые проекты должны гарантировать возвращение, превышающее эту установленную директиву в любом случае.

Если бы мир был полностью конкурентоспособным и экономически эффективным, то должно все таки быть очень небольшое различие между возвратами на инвестициях, разыскиваемыми компаниями, и фактическими затратами капитала. Однако, на практике здесь наблюдаются очень большие различия. Изучения результатов работы большого количества крупных компаний в 80-90х годах показали, что граничные нормы ожидаемых доходов от проектных инвестиций обычно в три или четыре раза превышают фактические затраты капитала.

Эти результаты относятся и к горнодобывающей промышленности. Очень часто большими компаниями в горной промышленности используется дисконтированное возвращение потока наличности без учета налогов - 15 %, оцененное на постоянном денежном основании (без инфляции). Большинство этих компаний остаются довольны,

когда затраты капитала (без учета налогов) будут меньше половины этой величины. Хотя это – обычная стратегия, но на практике лишь немного компаний достигают такого возвращения, и в этом случае гарантируется соответствие планируемого и достигнутого уровней.

Если компания должна остаться в бизнесе продолжительный период, то минимальное возвращение должно покрыть, по крайней мере, затраты капитала. Есть две главных причины наблюдаемого (большого) различия между "ожидаемым" возвращением и затратами капитала. Затраты капитала для индивидуальных инвестиций - это не то же самое, что средние затраты капитала для фирмы. Кроме того, компании редко имеют нейтральный риск по отношению к большим капиталовложениям, и их отношение к риску влияет на размер премии, которую они желали бы получить при высоких затратах капитала.

6.2.3. Граничные затраты капитала для индивидуальных проектов

Средневзвешенные затраты капитала для горных компаний могут быть вычислены относительно легко при использовании формул из большинства корпоративных финансовых справочников. Если большая горная компания, расположенная в Соединенных Штатах, хочет построить новый рудник в известном регионе в благоприятном для горной промышленности государстве, то этот план будет легко осуществим. Могут быть выпущены дополнительные акции или получен кредит, а затраты капитала для этого проекта (граничная стоимость капитала) будут лишь немного отличаться от средних капитальных затрат для фирмы в целом.

Однако, если та же самая компания должна будет неожиданно объявить о новом проекте в экологически чувствительной области в стране третьего мира, то фондовые и кредитные рынки будут реагировать далеко не так, как ожидалось. Цена акций компании может драматично упасть, а граничные затраты капитала, используя этот индикатор, будут существенно отличаться от долгосрочных средних затрат капитала для фирмы в целом.

Даже, если краткосрочная реакция рынка или индивидуальные финансовые затраты проекта не используются как индикаторы затрат капитала, то получение долгосрочного кредита и затраты на выпуск акций будут зависеть от ожидания будущих выплат. Если это ожидание подвергнуто сомнению, то затраты капитала изменятся.

Согласно экономическому определению затрат, возвращения максимизируются, и инвестиции должны быть отобраны для точки, где граничное возвращение приравнивается к граничным затратам капитала. Однако, определение граничных затрат для индивидуального принятия инвестиционного решения на этом не заканчивается. Если бы не было никаких других альтернативных возможностей, кроме имеющихся, означает ли это, что должны использоваться только оцененные проектом затраты капитала?

Здесь необходимо предостережение. Кредиторы обычно предоставляют финансирование в зависимости от размеров потока наличности, поступающего из разнообразных источников. Предлагаемые рыночные курсы могут не отражать какого-нибудь информированного мнения кредиторов о вероятности оплаты кредитов из определенных проектов. Такое "информированное мнение" является ключевым.

Правильная перспективная граничная стоимость капитала для выбранного источника финансирования получается в зависимости от того, насколько хорошо руководители проекта осведомлены о состоянии кредитного и фондового рынка. Ясно, что вначале, неспециалисты вообще не имеют никакого представления об этом. И факт, что лучшие возможности кажутся доступными только тогда, когда никто вообще не понимает, что такие проблемы существуют! Таким образом, должна быть оценена граничная стоимость капитала. Она характеризует ожидание владельца проекта его рыночной оценки после того, как он будет выполнен.

Таким образом, граничный средний ожидаемый доход по всем инвестициям для данного проекта должен включать премию для компенсации дополнительного риска до тех пор, пока выполнение проекта не может быть реалистично оценено рынком. Этот процесс и время на оценку проекта рынком должны быть предусмотрены. Этот период начинается с того момента, когда проект начинает работать таким образом, что даже непрофессионалы получают о нем информированное мнение. Управление проектом будет находиться в стадии "риска," пока фондовый рынок не убедится, что все функционирует так, как было запланировано. До этого времени, фактические изменения цены акций могут быть только слабыми индикаторами изменений в граничных затратах капитала. Легко оцененные инвестиции требуют и более низкой премии. Сложные инвестиции требуют "трудной оценки" и дополнительной премии. капиталовложений, как дальнейший индикатор ценности проекта.

6.2.4. Допустимость риска: критерий неопределенности

Если проект обещает возвращение, превышающее затраты капитала, то может ли он быть начат? Большая компания, вкладывающая капитал в сотни маленьких проектов, может, вероятно, начать инвестировать на таком основании. Однако новые горные инвестиции обычно не начинаются сотнями, а разнообразие и отдача маленьких проектов не могут быть точно оценены.

Эта нехватка разнообразия вводит второй важный элемент в инвестиционный процесс принятия решения: признание факта, что никакой нормальный инвестор не будет участвовать в проекте с 50%-ым шансом на успех. Это - по существу означает "ожидаемое" возвращение и не более. Чтобы быть рассмотрены, проекты должны иметь высокий шанс (возможно 90%) превышения возвращения над затратами капитала. Этот критерий "90%-ая вероятность" - предварительная оценка неопределенности. Если есть 10%-ая вероятность возвращения, меньшего чем затраты капитала, то "ожидаемое" возвращение (соответствующее реальному возвращению, которое обычно имеет равный шанс на то, чтобы быть больше или меньше) должно быть существенно больше чем затраты капитала.

Критерий неопределенности – это показатель оценки отношения компании к риску. В простых случаях, если фирма хочет, чтобы новые инвестиции имели 90%-ый шанс на превышение затрат капитала, то она - более терпима к риску, чем фирма, которая хочет получить 95%-ый шанс.

Есть также второй путь рассмотрения этого критерия; он может быть выражен в единицах затрат капитала, отпускной цены, или любого другого входного параметра в процесс принятия решения. Может быть поставлен вопрос: какие затраты капитала (или отпускная цена) должны быть для проекта, чтобы удовлетворить допустимый риск, учитывая текущие отпускные цены (или затраты капитала)? Именно этот способ формулировки проблемы открывает главные возможности для выбора капиталовложений в условиях неопределенности.

Критерий неопределенности также применяется субъективным способом, когда он не может быть определен количественно. В этих случаях, мера затрат капитала заменяется некоторой резервной величиной, которая должна быть превышена с высокой вероятностью для исследуемого варианта. Таким образом, воздействие местных или глобальных войн, политических сомнений, индустриального и экологического риска может быть предварительно оценено с помощью этого условия, по крайней мере, субъективным мнением.

Вопрос: делают ли компании свои инвестиции, ориентируясь на эту модель, или они чаще предпочитают нейтральный риск, как это рекомендуется в большинстве экономических трудов? Индивидуальные лица, принимающие решения, внутри фирм могут быть несклонными к риску, и в то же время принимать решения с нейтральным риском от имени фирмы. Большинство аналитиков не поддержали бы модель

нейтрального риска в горной промышленности. Например, увеличенные колебания в отпускной цене металла обычно вызывают паузу в новых инвестициях, касающихся этого металла даже тогда, когда наблюдается тенденция увеличения цены. На фирму с нейтральным риском влияет только полный ценовой тренд, а не краткосрочные колебания этой линии тренда.

Фактическое подтверждение правильности следования этой модели инвестиционного поведения трудно установить. Если горные компании, живут год за годом с неопределенностью, тогда решения будут приниматься на тех же принципах, с которыми они делаются в других отраслях промышленности с более низкими уровнями неопределенности. Только, когда неопределенность изменяется (будущее становится менее или более предсказуемым, чем это было предварительно), то любые изменения в инвестиционном поведении, вероятно, станут более выраженными.

6.2.5. Руководящие принципы

В то время как признается трудность в количественном измерении модели и существование многих из вышеназванных проблем, неизбежным является множество корректировок любых фиксированных правил.

1. Проекты, которые увеличивают существующий бизнес компании, имеют более низкие затраты капитала чем новые проекты в других областях. Рынки назначают самую низкую премию и самые низкие затраты капитала для бизнеса, который они лучше понимают. Для двух проектов, показывающих тот же самый средний ожидаемый доход на инвестициях, будет одобрен тот, который наиболее совместим с существующим (понятным) бизнесом.
2. Проекты, которые имеют большие запасы руды вне обычной 15-летней жизни обесцененного потока наличности, могут продолжать получать более низкие вознаграждения, потому что они имеют элементы, обычно не включаемые в вычисления DCF. Они имеют большие запасы руды, чтобы восполнить уже отработанные запасы. Кроме того, эти проекты способны расшириться, а эта возможность кое-что стоит.
3. Вероятные изменения технологии в течение жизни проекта также должны быть рассмотрены. Проекты, для которых жизнеспособность защищена от давления изменений (например, угольные шахты, связанные с конкретными электростанциями), могут продолжить работать с более низким вознаграждением, потому что они имеют меньше обязательств по корпоративному финансированию развития технологии.
4. Асимметрия размера вознаграждений часто происходит от неспособности проекта увеличивать капитализацию, используя выгодные ситуации (например, краткосрочные увеличения цен), а неэффективность проекта возникает оттого, что он только реагирует на неблагоприятные события, а не прогнозирует их. Проекты, для которых особенности месторождения, индустриальный климат или структура финансирования и управления ограничивают этот вид изменений, должны действительно быть обесценены (то есть требовать более высоких норм вознаграждения ROR) по сравнению с проектами, которые имеют возможности захватить "верхние" позиции.
5. На основе критерия неопределенности (вероятность превышения затрат капитала) проекты с более низкими рисками нужно рассматривать по-другому чем более рискованные проекты.

Эти пункты заслуживают разъяснения. Предположим капиталовложения, нацеленные на улучшение существующего бизнеса. Новые вложения капитала часто не приводят к какой-то дополнительной продукции, а добавочный доход, чтобы возместить вложенный капитал, часто поступает за счет сокращения эксплуатационных расходов.

Сравните это с капиталовложениями для того, чтобы расширить производство. Усовершенствования капитала легче понять (пункт 1 из предыдущего списка), когда они не исчерпывают запасы (пункт 2), и часто уменьшают чувствительность к изменениям технологии (пункт 3). Что более важно, дополнительный доход, финансирующий их, не подчинен риску изменения цены (пункт 5). Существенно более низкий средний ожидаемый доход по всем инвестициям для этого типа проекта лучше удовлетворяет критерий неопределенности по сравнению с возвратением, требуемым для новых горных инвестиций, приводящих к дополнительной продукции.

6.2.6. Выбор среди проектов с различными рисками

На рисунке 6.10. показаны 3 альтернативы проекта после оценки методом DCF. Альтернатива А имеет более низкий капитал, но и более низкое возвращение. На рисунке нет никакой вертикальной оси, потому что значение «возвращения на инвестициях» обычно считают одноразмерным ранжированным значением. Если в анализ включен полный набор возможностей (то есть включены альтернативы: "не делать ничего" и "задержать проект"), то даже величина «возвращения на инвестициях» имеет мало значения, а лучший вариант - это вариант с наибольшим возвращением на инвестициях .

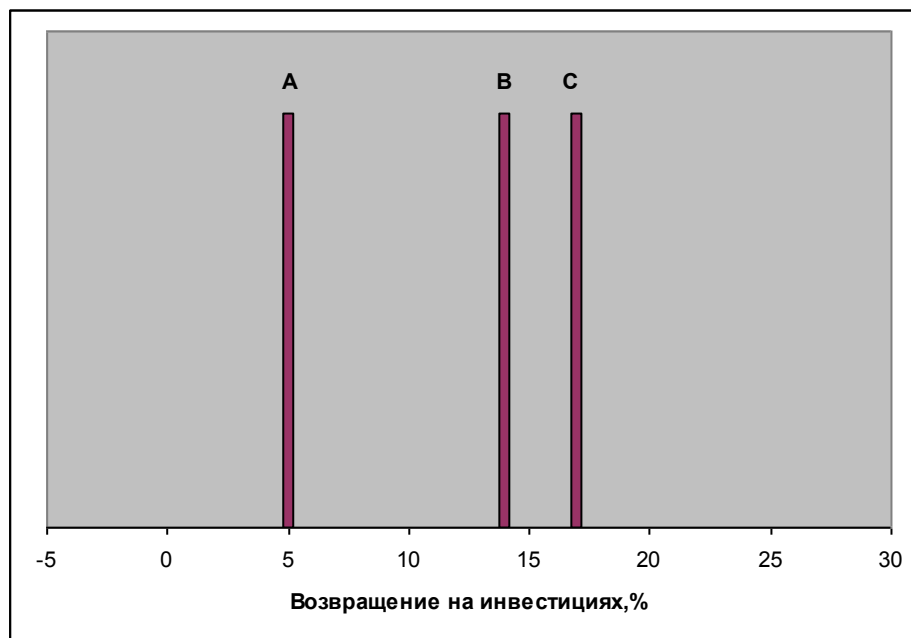


Рисунок 6.10.

На практике набор рассматриваемых вариантов никогда не включает все возможности, таким образом, величина (ожидаемого) возврата на инвестициях реально имеет значение. Если возвращение 12.5 % - первичный критерий для инвестиций, то альтернатива А исключается. Точно также большинство компаний неявно или явно признают более высокую граничную стоимость капитала для альтернатив, которые требуют большего количества капитала. Если альтернатива С имеет более высокие затраты капитала чем альтернатива В, то большее возвращение этой альтернативы компенсируется и более высокими требованиями капитала.

Недостаток этой оценки - узость фокуса. Варианты здесь представлены только как наилучшие оценки. В этом случае, по мнению аналитика, лучшее означает наиболее вероятный результат. Однако, в любом представлении наилучших оценок есть много деталей, которые могли бы уменьшить или увеличить оцененное возвращение. Раз эти результаты могут быть как-то предсказаны, то есть приблизительно 50%-ый шанс, что возвращение будет превышено и 50%-ый шанс, что оно будет меньше чем оцененное. На

рисунке 6.11. показана та же самая ситуация (как на рис. 6.10), но в терминах вероятности, предполагая, что распределения результатов являются нормальными.

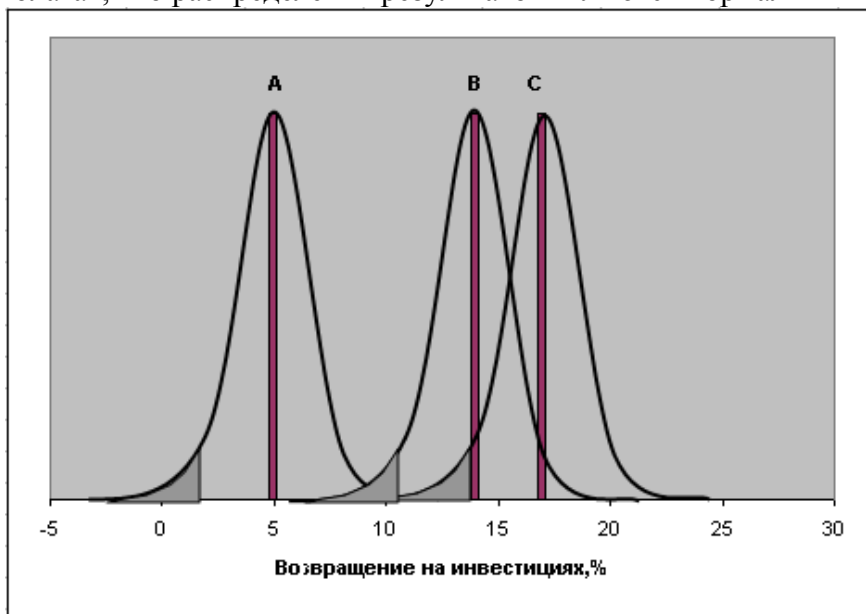


Рисунок 6.11

Распределения были нарисованы с теми же самыми интервалами, подразумевая ту же самую степень неопределенности вариантов. Для выбранного критерия неопределенности (90%-ая вероятность) затраты капитала проекта А должны быть 1.8 % или меньше. Для проектов В и С эти затраты должны быть не больше, чем 10.3 % и 13.8 %, соответственно.

Рисунок 6.11. является более уверенным представлением неопределенности, но для проектов с одинаковой неопределенностью эта информация лишь немного помогает принятию решения. Если для вариантов нет различий в затратах капитала, то проекты с равной неопределенностью оцениваются одинаково, независимо от того, используется ли правило оценки их чистой существующей ценностью или критерием неопределенности.

На практике компании, которые сравнивают проекты в целом, основываются, прежде всего, на внутренней норме вознаграждения (IRR) или величине NPV и (часто) не рассматривают неопределенность, что может привести к ошибке. Различия появляются, только если для рассматриваемых вариантов отличаются неопределенность или затраты капитала. Для альтернативных путей развития рудника главная неопределенность, как правило, связана с изменчивостью рыночной цены и стоимостью капитала, что часто характерно для всех альтернатив.

Для вариантов, где неопределенность или стоимость капитала отличаются, критерий неопределенности (в смысле ожидания) используется перед выбором альтернативы на основе NPV (или IRR). Проекты, которые имеют средний ожидаемый доход по всем инвестициям, превышающий затраты капитала, должны быть исследованы (обурены, изучены и т.д.) и поняты настолько, чтобы они удовлетворяли критерию неопределенности, после чего лучший вариант выбирается на основе самой высокой NPV. Рисунок 6.12. показывает такой тип сравнения двух проектов, имеющих одинаковую стоимость капитала. Видно, что случай В не был понят (изучен) до той же самой степени надежности, как случай А, но, тем не менее, он удовлетворяет используемый критерий неопределенности.

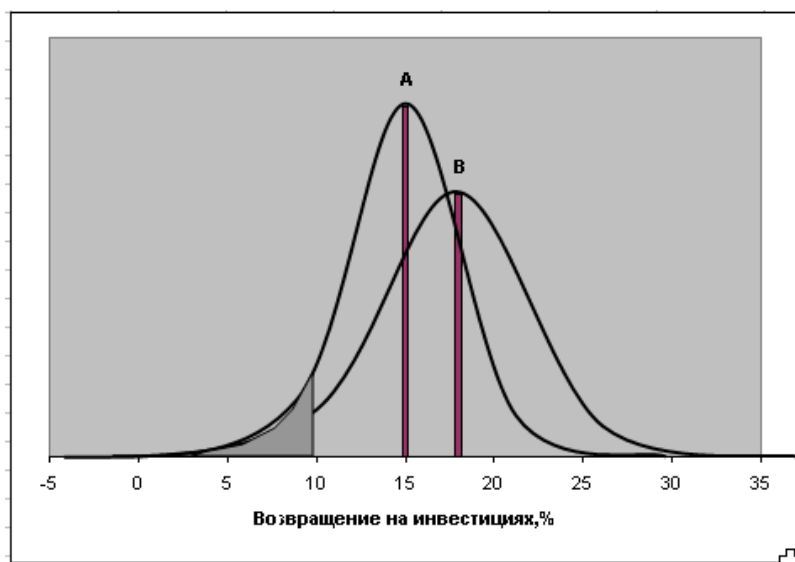


Рисунок 6.12.

Добывающие компании часто оценивают проекты таким образом, даже если они явно не признают это. Новые рудники, которые являются существенно более выгодными (имеют высокое ожидаемое возвращение), обычно планируются с меньшим количеством деталей чем шахты, которые менее выгодны. В одной и той же компании подземные рудники, имеющие большую неопределенность чем карьеры, обычно используются только в том случае, если они показывают более высокий средний ожидаемый доход по всем инвестициям, даже при том, что имеется лишь небольшое различие в затратах капитала. Более высокий средний ожидаемый доход по всем инвестициям – это демонстрация желания получить не больше, чем 10 % "хвоста" кривой вероятности, чтобы оказаться слева от линии затрат капитала.

Оценка как функция риска

Связь между риском и возвращением для финансовых инструментов была хорошо изучена, по крайней мере, с середины 1960-ых, когда экономисты создали модель оценки капитала. Эти модели устанавливают, что на конкурентном рынке ожидаемая премия за счет риска изменяется прямо пропорционально изменчивости рассматриваемого инструмента, сравниваемого с рынком. Такие модели особенно успешно применяется для акций и облигаций и особенно для финансовых инструментов, которые имеют надежные отчеты об изменчивости и для которых существует конкурентный рынок.

В отличие от финансовых инструментов, индивидуальные капиталовложения фирм не могут опираться ни на какой известный отчет об изменчивости, так как каждая инвестиция уникальна. Некоторые элементы изменчивости могут быть поняты (например, товарные цены на минеральное сырье), и определенные типы инвестиций могут коррелировать с предыдущими инвестициями того же самого типа, но в отличие от акций и облигаций прошлая информация здесь - только слабый индикатор будущей изменчивости новых индивидуальных инвестиций. Кроме того, во время принятия решения ценность новых инвестиций не имеет предварительной оценки конкурентного рынка из-за полного отсутствия исторической информации.

6.2.7. Значение (и трудность) вероятностной оценки

Идентифицировать изменчивость только одного входного параметра - обычно довольно простая задача. Персонал, специализирующийся в данной области, может сравнительно быстро оценить изменчивость тех или иных параметров.

Для анализа всего проекта, требующего оценки многочисленных взаимодействующих изменчивостей, проблема существенно усложняется. Трудность в

определении суммарной вероятности в этих видах оценок общепризнанна, но это не означает, что здесь не может быть получен близкий к реальности результат. Вероятностные методы выполняют две важных функции, которые обычно нельзя получить другими способами:

1. Они обеспечивают механизм для количественного определения любого элемента неопределенности, связанного с проектом. Индивидуальные субъективные или объективные оценки могут быть определены отдельно, а затем проанализированы совместно. Совместный труд индивидуальных опытных членов команды, понимающих и оценивающих неопределенность в их областях знаний, часто приводит к существенным изменениям и улучшению надежности всего проекта в целом. Это знание обычно не может быть так эффективно объединено любым другим способом.

2. Есть элементы, которые часто неправильно изображаются в любом детерминированном анализе. Использование статических переменных эквивалентно отказу от рассмотрения результатов любых вероятных изменений, что может привести к систематической ошибке. Даже использование только основной стохастической характеристики проекта будет приводить к более надежным результатам, чем детерминированная оценка, которая не предполагает никакой изменчивости.

Пример: Оценка активов

Оценка проектов для участия в них коллективных активов - особенно подходящее применение стохастических финансовых методов оценки. Каждый проект подчинен различным формам риска, и одна из главных целей для коллективной собственности состоит в определении вкладов, которые каждый участник делает для компенсации этих рисков.

В таких проектах (СП), широко распространенных в австралийской горной промышленности представитель главного вкладчика обычно становится главным управляющим предприятия. Кроме денежно-кредитного вклада, этот участник должен иметь знания и опыт для принятия объективных производственных решений. Он имеет возможность обеспечить гарантии производства, что другие участники не могут предложить из их собственных ресурсов. Финансист – это обычно второй основной участник в таком совместном предприятии. Финансисты обеспечивают доступ к капиталу и обратную связь с кредитными рынками способами, которые другие участники не могут предложить из их собственных ресурсов. Третий участник (во многих совместных предприятиях или коллективных активах) вносит свой вклад с помощью понимания рисков рынка и обычно имеет возможность обеспечить некоторые гарантии относительно продажи продукции на рынке.

Любой, кто покупает ежегодно большое количество некоторого продукта из разнообразных источников, может обеспечить гарантию, чтобы купить, скажем, одну десятую этой ежегодной потребности из одного специфического источника, как правило, без дополнительных затрат, предполагая, что цена - определяется рынком. Но лишь немногие клиенты обеспечат поставщику эту гарантию бесплатно. Участие в акциях {активах} СП часто является видом компенсации за такую гарантию.

Гарантия продажи товара клиентом, который будет на рынке, чтобы купить такой продукт, так или иначе, не стоит этому клиенту ничего. С другой стороны, потеря дохода, понесенного из-за отсутствия продажи, может иметь большое воздействие на экономику проекта и представляет известный риск. Поэтому на переменном рынке, гарантируемые или договорные продажи по цене ниже рыночной – часто используемые варианты опционной торговли. Хотя бухгалтеры в больших компаниях все больше опасаются случайных долгов (и сомнительной ценности), связанных с опционами, но часто это - один из вариантов для разделения риска между участниками рынка и в конечном счете -

оценка индивидуальных долей активов по отвлеченной чистой существующей ценности будущих потоков наличности.

Ниже приведен пример для одного из угольных предприятий Австралии. Финансовая модель была построена в крупноформатной таблице, и хотя она была упрощена, но осталась способной показать сущность анализа, который применим для широкого диапазона подобных проблем.

Этот проект, стоимостью приблизительно 10 миллионов \$, попал в руки настоящих владельцев только после дорогостоящей оценки (геологоразведка и т.п.) ими многих предшествующих неудачных возможностей. Владельцы рассматривали вариант продажи 10% активов проекта некому потенциальному большому покупателю взамен гарантии продажи своей продукции. При этом возникали два вопроса:

1. Первый вопрос касался оценки этой 10%-ой доли активов. Должна 10%-ая доля активов для нового участника быть оценена в 1 миллион \$, или она должна быть оценена несколько выше, чтобы отразить затраты на неудачные усилия по геологоразведке в предыдущие годы? Если не предполагалось никакого другого вклада кроме денег, то рыночная цена 10%-ой доли активов в таком надежном и бесприигрышном проекте должна быть намного выше 1 миллиона \$. С другой стороны, большой покупатель мог сделать свой вклад не в денежной форме, а гарантируя будущую продажу угля на рынке.

2. Второй вопрос касался гарантий продажи угля. Существующие партнеры имели возможности, чтобы гарантировать продажу только приблизительно 60 % продукции, и им пришлось бы или задерживать пуск производства на полную мощность, пока не будут найдены покупатели на остальные 40%. Немедленный доступ к дополнительным рынкам посредством гарантируемых коммерческих контрактов был конечно ценен, но как эти гарантии могут быть оценены? Предполагая, что вся продукция может быть продана по текущим (договорным) ценам, проект казался весьма жизнеспособным.

Обычные (детерминированные) исследования потока наличности предполагают, что раз уголь произведен, то он будет продан. Это - правильное предположение. Большинство шахт является капиталоемкими. Как только капитал был потрачен, граничное возвращение от продажи угля по более дешевой цене будет все же намного лучше чем полное отсутствие продаж. Преобразование части ценности в гарантию продажи требует, чтобы базовый вариант имел меньше чем 100%-ый шанс на продажу продукции или, по крайней мере, некоторую существенную скидку на продажи, которые не могут быть осуществлены на долгосрочных рынках.

Для базового случая вероятностного анализа было сделано предположение, что вся продукция могла быть продана. Продукция, не подтвержденная реальными контрактами на продажу (по которой ежегодно велись переговоры), моделировалась с неопределенностью. Для продаж на местных рынках были предположены существенно более низкие цены, если контракты были недоступны.

Вероятность новых, долгосрочных контрактов

Основной случай анализа должен был включать неопределенность, связанную с маркетингом. Этот вид неопределенности не соответствует какому-либо стандартному распределению вероятности, но, к счастью, методы моделирования не требуют обязательно таких распределений.

Для данного случая в модели предполагалось, что ежегодно имеются три серьезных возможности новых контрактов на поставки угля. Так как уголь, проданный согласно контракту, оценен с некоторой закономерностью (согласно промышленным стандартам и эталонам), то вероятность получения нового контракта на продажу лишь слабо связана с готовностью снижения цены. Скидки в начале года возможны для стимулирования заключения полноценных контрактов в следующем году.

Предполагалось также, что в каждом году для любой существующей возможности имеется 10%-ый шанс на успех, а максимальное число новых контрактов – 1. Сроки появления контрактов не были определены во времени, а их размеры принимались от 100 000 т до 500 000 т в год.

Продукция, не проданная на основании контракта, поставлялась на местный рынок по дисконтной отпускной цене 10.00 \$/т. Эта цена превышает граничные затраты производства, но возмещает собой те нерентабельные тонны, на которые были распределены фиксированные расходы (обычный бухгалтерский способ сообщений о прибыли).

Продажа активов новым участникам

Если новый участник должен обеспечить гарантии продажи, а не просто заплатить полную рыночную цену за его долю активов, то эта гарантия должна иметь цену. Цель оценки состоит в том, чтобы ее определить.

Были рассмотрены гарантии на ежегодную продажу в пределах от 0 до 50% горной продукции. Предполагалась передача активов новым клиентам только под гарантию продажи, по крайней мере, 25% продукции. Клиент, имеющий доступом к этим финансовым данным, мог бы использовать эту информацию, чтобы получить более низкие цены на продукцию и получить дополнительный доход, превышающий размер сами инвестиций по приобретению активов.

Рисунок 6.13. показывает результаты сравнения увеличения чистой существующей ценности проекта (по основному случаю без всяких гарантий) с вариантами увеличения доли гарантируемой продажи. Для каждой точки на графике было выполнено более чем 100 циклов вычислений NPV, после чего определялась средняя величина.

Для 15%-ой учетной ставки основной случай проекта (с неопределенностью продаж на рынке) показал чистую существующую ценность приблизительно 32 миллионов \$ после включения в эту сумму полных затрат на геологоразведку, приобретение земли и капиталовложений. Другими словами, горная компания, стремясь к (реальному) возвращению 15 % могла позволить себе оплатить все прошлые и будущие прямые затраты, а также до 32 миллионов \$ только для приобретения прав собственности на этот проект.

Из рисунка также видно что, если права собственности включают гарантию продажи по рыночным ценам 25 % продукции, то это добавляет приблизительно 8 миллионов \$ ценности. Если новый участник не хочет платить такую цену деньгами, то эта гарантия подразумевает максимальную долю активов для него 20 % ($[32 \text{ миллиона } \$ + 8 \text{ миллионов } \$] * 20 \% = 8 \text{ миллионов } \$$), а уровень ценности, которую новый участник добавляет к проекту с помощью гарантии продажи, приравнивается к пропорции вклада этого участника в полную ценность проекта.

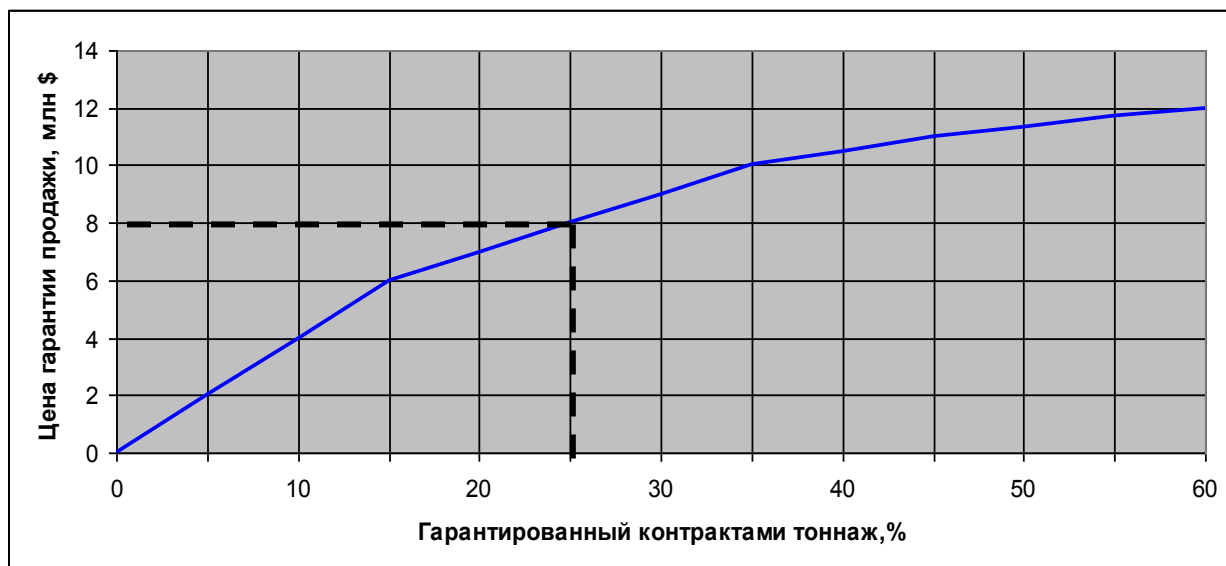


Рисунок 6.13.

При формировании предыдущих оценок, владельцы с уверенностью знали, что одним из факторов, затрагивающим доходность рудника в начале его работы, были недостаточные поставки требуемого количества продукции. Время, которое требуется, чтобы найти и укрепить долгосрочные отношения с клиентами, часто недооценивается, и пока эта консолидация будет достигнута, существует продолжающийся риск нехватки продаж. Хотя этот вид ситуации, обычно нехарактерный для угольной промышленности, часто компенсируется в других отраслях промышленности специальными гарантийными мерами.

Подписка на опции

Гарантийные опции являются альтернативой, которую обычно рассматривают на вершине долгосрочного контракта поставки. Особая ценность этой стратегии связана с необходимостью уменьшения риска в критические первые 5 лет работы проекта на полную мощность. Предполагается, что в конце 5-летнего периода будет достаточно высокая вероятность заключения долгосрочных контрактов, и такое гарантийное соглашение больше не потребуется.

Были проанализированы опционы от 100 000 т/год до 600 000 т/год, которые предполагали скидку на рыночную цену 2.50 \$/т. Так как этот тоннаж является только дополнительной продукцией к долгосрочным контрактам, то его ценность в проекте была предположена частью потока наличности, а не возвращения. По сравнению с долгосрочной гарантией продажи за рыночные цены, продажа опционов с обязательством продажи по ценам со скидкой естественно имеет меньше ценности. Однако, моделирование также обнаружило возможность краткосрочных снижений потока наличности на первой стадии жизни рудника и неблагоприятные воздействия на его экономику в случаях нехватки продаж, что потребовало принятие дополнительных мер, не рассматриваемых здесь.

6.2.8. Вероятностные оценки с неопределенными входными параметрами

Окончательное испытание любого метода оценки – в его результатах. Хотя предыдущий пример и другие исследования, использующие стохастические входы, характеристики которых часто трудны для понимания, результаты расчетов во многих случаях оказываются весьма здравыми, не смотря на неточность входов. Причина в том, что ценность такого моделирования заключается в исследовании взаимосвязей среди

переменных, а оно прежде всего требует, чтобы переменные изменялись. Тип распределения самих переменных и его точное описание является в данной ситуации менее важным.

Это заключение не является универсальным. Предыдущий пример рассматривает изменение возвратов на инвестициях с изменением только одного из входов в модель, который может быть описан только некоторым стохастическим способом. Анализ целого проекта, в свою очередь, требует, чтобы все переменные были стохастическими и возможно точно смоделированными, чтобы выполнить вероятностную оценку возврата на инвестициях, типа графика, показанного на рисунке 6.11. Это не тривиальная задача. Так как пока еще очень немного специалистов, принимающих решения, знают, как интерпретировать результаты этого анализа, то его ценность в настоящее время вряд ли будет высоко оцениваться повсеместно.

Тем не менее, это обстоятельство не означает, что не должна предприниматься вероятностная оценка целого проекта. Метод имитирует взаимодействие всех важных переменных одновременно, поэтому возможно использовать модель для определения чувствительности результатов к изменениям характеристик входов. Даже если их характеристики с достоверностью неизвестны, то модель может создавать по их вероятным диапазонам. Если результаты моделирования изменяются, то это - сигнал, что необходимо лучшее определение данного входного параметра.

Второй и возможно главной ценностью вероятностного анализа является «высвечивание» и лучшее понимание возможных проблем. В предыдущем примере, перед вероятностной оценкой была выполнена детерминированная оценка, которая предполагала 100%-ый успех в размещении всей продукции с первого дня. Однако, по сравнению с примитивностью и невольным оптимизмом детерминированного метода, вероятностная логика выглядит полностью профессиональной. Только в процессе моделирования используется механизм, чтобы понять и формализовать логику, которая руководит многими из участников исследования. Когда эта логика становится открытой, то появляется потенциал для вклада, усовершенствования, и исследований ее другими членами проектной команды, что приводит к более легкой проверке и улучшенному процессу формирования решения, и в конечном счете сокращает риск.

6.3. Анализ обесцененного потока наличности в условиях риска [2]

Экономический словарь определяет инвестиции как акт помещения денег в какую-то деятельность, предлагающую выгодные возвраты. Однако такое популярное использование этого термина не совсем точное. Обычно, капитал, помещенный на сберегательный счет не считают инвестициями, хотя они действительно дают выгодные возвраты. Наоборот, тот же самый капитал, помещенный в компанию на фондовой бирже, которая никогда не платила дивиденды, расцениваются как инвестиции.

Существенное различие в популярном использовании термина имеет отношение и к риску. Деньги помещены, а не инвестированы на сберегательный счет, потому что это не опасно. Здесь нет никакой неуверенности о возврате первоначальной суммы. Некоторые "инвесторы" говорят о вложении денег во взаимные фонды, когда их капитал доступен по первому требованию. Они могут даже иметь чековую книжку, чтобы тратить свои деньги. Этот вид размещения капитала имеет другое соотношение риска и возврата, но в практических целях риск здесь является измеримым и даже подлежащим страхованию.

Существенная особенность инвестиций состоит в том, что некоторые являются опасными или недоступными до некоторого времени в будущем. Деньги – это актив, но это не капитал, поэтому нельзя заработать прибыль без инвестирования капитала, что означает особую роль денежного капитала.

Решение инвестировать капитал – это решение о потенциальной потере ценности, связанной с изменениями, которые могли бы иметь место между временем, когда предприниматель "инвестирует" свой денежный капитал и временем, когда он имеет возможность вернуть капитал в "свободной" форме (то есть, как деньги). Подход к капиталу с позиции риска характеризуется двумя признаками: потерей ценности и временем.

6.3.1. Роль затрат в принятии решения

Существует различие между затратами целого проекта (или события) и затратами, связанными с принятием решения. Решения о размещении капитала признаются долгосрочными решениями, но как только решение принято, оно не обязательно будет окончательным. В случае непредвиденных препятствий для выполнения намеченного плана могут потребоваться новые затраты на решения.

Отметьте, что в экономической литературе очень мало моделей учитывают различия между граничными ценностями в мнениях индивидуальных лиц, принимающих решения, и ценностями в рыночном смысле. На потребительском рынке, при торговле акциями и облигациями, например, где стоимость операций низка, а информация полностью доступна, Вы будете в каждый момент времени точно знать, что происходит. Для одноразовых капиталовложений, однако, или для продукции горных компаний, которая является первичной в цепи производства, отношения между «игроками» не настолько четки. "Рынок" может ассимилировать только знание, которое обычно доступно (известны производительность и затраты, спрос, и т.д.), и участники на этом рынке также понимают, что есть много факторов, влияющих на спрос и предложение, о которых они не знают. Таким образом, рыночные стоимости могут значительное время быть не связаны с основной экономикой спроса и предложения и однажды могут драматично измениться, а участники будут ощущать воздействие пропущенной до настоящего времени или недоступной информации. Ситуация на рынках разных товаров серьезно отличается и зависит от множества факторов, точное знание которых в большинстве случаев невозможно.

Предположите, что Вы рассматриваете возможность покупки нового автомобиля. Так как это - долгосрочные инвестиции, то Вы исследуете это предложение, используя все известные Вам принципы. Покупка автомобиля имеет одно большое преимущество перед горными инвестициями - в любое время рыночная стоимость может быть легко идентифицирована, и это - ценная помощь процессу принятия решения.

После должного рассмотрения ситуации Вы оцениваете отдачу, которую Вы можете получить от автомобиля поквартально в течение следующих 5 лет. Вы естественно ожидаете больше отдачи в первом году, потому что автомобиль новый: для Вас есть новизна в управлении им, и Вы посетите места, которые давно хотели посетить. После первого года, ценность новинки уменьшится, и отдача, которую Вы продолжите получать, будет связана только с функциональными возможностями машины. В конце 5 лет Вы продаете автомобиль и компенсируете часть затраченных на покупку средств. Здесь не делается никакого предположения, чтобы эта процедура полностью подходила для инвестиционного решения, т.к. ценность частной автомашины для большинства людей связана с субъективными критериями, типа удовольствия от вождения, статуса, и престижа.

Любой, кто должен был продать довольно новый автомобиль, признает большую потерю в первоначальной рыночной стоимости. Подобная проблема существует со всеми большими капиталовложениями. Покупка и продажа дома, например, обычно приводят к немедленной потере 5% из-за стоимости услуг агентства, юридического оформления, рекламирования, и т.п. День, в который Вы выгоняете автомобиль из демонстрационного зала, снижает его рыночную стоимость в среднем на 5 000 \$. Хотя автомобильные продажи не сопровождаются высокими затратами на юридическое оформление и т.п., но

почему же существует такое большое различие между рыночной ценой нового автомобиля и его рыночной стоимостью через 1 день?

Много экономистов исследовали это явление. Проблема с автомашинами и с большинством больших капиталовложений - одна из проблем информационной асимметрии. Если Вы оценили автомобиль в 40 000 \$ (или больше) в день, когда Вы сели за руль, и он не получил никакого повреждения, то Ваша (частная) ценность его не изменится. Но "рынок" не знает о том, что за этот день автомобилю не было нанесено никакого ущерба. Двигатель, возможно, не имел масла! Для внешнего наблюдателя нет никакой возможности узнать об этом, кроме как от Вас - а Вы имеете стимул не говорить правду, когда что-то действительно случилось. Это – тот случай, когда рыночная цена вашего автомобиля, по крайней мере, неправильна, потому что рынок плохо информирован.

Взаимоотношения с рынком случаются ежедневно, а любое различие между нашей оценкой и оценкой рынка – это наш риск. Если случается что-то неожиданное, и мы должны продать что-нибудь, то мы несем убытки. Первоначально потенциальное различие является весьма большим, но если ваш выбор - хороший, то ценность, которую Вы получаете в течение долгого времени, увеличивается быстрее чем рыночная цена ваших инвестиционных вложений.

Концепция окупаемости инвестиций непосредственно связана с индивидуальным предпочтением риска. На практике не всегда существует сильная корреляция между периодом окупаемости и учетной ставкой. Большинство аналитиков предложило бы, что лица, принимающие решения и требующие окупаемости за 2 года, весьма несклонны к риску. В то же самое время, лица, принимающие решения, которые используют учетные ставки 7.5 %, обычно отличаются повышенной терпимостью к рискам.

Критический элемент в этом представлении риска - то, насколько хорошо информирован рынок, потому что это определяет форму линии рыночной стоимости в течение жизни инвестиций. Принятие фирмами решения о новых капиталовложениях подчинено тому же самому исследованию рынка, но оно также способно извлекать выгоду из этого исследования.

Рынок лучше информирован о проектах, устойчиво работающих по плану, и рыночная оценка здесь будет ближе к внутренней оценке фирмы. Это уменьшает риск капитала, а также время его окупаемости. Рынки, таким образом, формируют важное знание, которое не может быть получено собственным персоналом компании. Если суждение рынка о ценности проекта отличается от внутренней оценки фирмы, то это может произойти из-за знания, которое участники рынка имеют, а фирма нет. Компании часто игнорируют эти сигналы рынка, и это опасно, но надо иметь в виду, что такие сигналы бывают недостоверными, если рынок плохо информирован. С одной стороны, оценки индивидуума основаны на его знании проекта и вере в выполнение намеченного плана. С другой стороны оценки рынка построены на информации, которую "рынок" знает о проекте, включая знания, недоступные для индивидуума и доверие рынка его действиям. Любое уменьшение различия между этими двумя оценками уменьшает количество рискованного капитала индивидуума и минимизирует время, когда капитал находится под воздействием риска.

6.3.2. Финансовые (капитал) и реальные опционы

Цель вложения денег в проекты состоит в том, чтобы получить возвращение. Действительно, капитал определяется как существующая ценность (СЦ) ожидаемых средних доходов по всем инвестициям. Практически, этот капитал распределен во многих областях, и каждая его часть вносит различный вклад в сокращение риска, уменьшение эксплуатационных расходов, или обеспечение какой-то другой эффективности.

Предположим, инвестиции 50 миллионов \$ в рудник для отработки неизвестного рудного тела. Эти инвестиции ничего не стоят, если рудного тела не оказывается там, где

ожидалось. И наоборот, 50 миллионов \$, потраченные на парк грузовиков и погрузчиков в этих же самых обстоятельствах могут все еще стоить 40 миллионов \$ на вторичном рынке. Количество рискованного капитала в этих вариантах весьма отличается притом, что полный капитал – был тот же самый.

Различия вариантов в предыдущем примере не отражаются на традиционный анализ потока наличности, так как такие исследования предполагают, что проект будет развиваться в соответствии с ожиданиями. Различие имеется только для обстоятельств, которые отличаются от предположений, используемых в анализе DCF, и требуют выбора: прекращать проект или сделать выбрать другую альтернативу. Если возможность таких была известна до расчета DCF, то варианты, учитывающие эти обстоятельства, могут быть встроены в модель или производственную структуру и тем самым уменьшить риск.

Выбор: прекратить проект - один из таких выборов. Однако, стратегия выхода с перепродажей капитала по рыночным ценам - это не единственная позиция для отступления и, редко, - самая привлекательная альтернативная стратегия. Одна из проблематичных ситуаций, возникающих при выборе этого варианта, - в то время, когда такое решение уже принято, другие производители будут рассматривать тот же самый выбор.

Экономисты идентифицируют шесть типов реальных вариантов, которые могут использовать лица, принимающие решения, в дополнение к уже обсужденному выбору - прекратить проект.

- Выбор: отсрочить выполнение проекта. Этот выбор сравнивает альтернативу осуществления проекта теперь с альтернативой "подождать и затем выполнить". С получением через некоторое время дополнительной информации существующая ценность отсроченных действий, запланированных с большей эффективностью (с учетом известной в то время информации) может превысить существующую ценность того же самого выбора, начатого немедленно.
- Выбор времени, чтобы строить. Этот выбор требует некоторых дополнительных издержек и очень характерен для инвестиций в горной промышленности.
- Выбор: прекратить проект. Этот выбор был обсужден выше.
- Выбор: изменить масштаб проекта. Этот выбор не приводит к более ясным ожиданиям, но он реально оценивает альтернативы, которые менее чувствительны к неточно определенному ожидаемому результату. Подрядчик, который может быть привлечен или отклонен в связи с изменениями масштабов производства – пример такого выбора.
- Выбор: изменить входы или продукцию(выходы). Это выбор особенно уместен в многопрофильных компаниях, где различные залежи имеют разные содержания металлов, или где, например, уголь может быть получен с различными характеристиками. Он ценен там, где существует неопределенность в ожидаемых типах и стоимости входов и продукции {выходов}. Эти варианты выбора являются существенными при использовании машин длительного использования, используемых, например, для изготовления модных товаров.
- Варианты роста. Подобно вариантам выбора времени, чтобы строить, эти варианты признают, что определенные действия (исследование и развитие, например), могут быть узко сфокусированы на детали проекта или более широко рассредоточены. Горные компании, которые отрабатывают залежи с тонкими различиями определенных типов руд, могут аккумулировать и капитализировать эти знания, усиливая их, чтобы получить преимущественные позиции в приобретении других месторождений с подобными характеристиками.

- Комбинации вариантов. Эта категория - признание того, что некоторые комбинации, например, вариантов, защищающих от потерь и вариантов предлагающих повышение дохода, могут иметь ценность, превышающую сумму ценностей отдельных частей. Золотые рудники часто используют такие комбинации вариантов для продажи золота по средним ценам, превышающим среднюю цену рынка, в течение одного и того же периода производства. Эти варианты увеличивают надежность получения запланированных возвратов в дополнение к повышению возврата на инвестициях.

6.3.3. Понимание риска с помощью худших сценариев

Вероятностный анализ может использоваться как инструмент для оценки возможности неудовлетворительного результата развития проекта. Это - важный инструмент в принятии решений, но действительно ли это - вероятность именно плохого результата, а не результата, который может представлять интерес? Худшие из сценариев исследуют действительно плохие результаты.

В ранее приведенном автомобильном примере наибольшая величина рискованного капитала появилась немедленно после того, как автомобиль был выгнан из демонстрационного зала. Та же самая ситуация происходит и с большинством новых горных проектов. Во время приобретения собственности "рынок" меньше всего знает о проекте, и когда рудник начинает работать, есть лишь немного средств, чтобы судить, соответствует ли его работа ожиданиям. Если развитие проекта начинает идти не так, как предполагалось, то персонал может замаскировать этот факт, по крайней мере, пока не будут достигнуты критические точки развития, и это становится очевидным. Как и с рыночной стоимостью автомобилей, рыночная стоимость горной компании в течение этого периода - не всегда правильно отражает фундаментальные ценности предприятия.

Выше было показано использование вероятностного анализа, чтобы отразить, как должны рассматриваться потенциально плохие результаты в процессе принятия решения. Однако, даже в этих исследованиях есть ограниченные возможности для того, чтобы понять, сколько капитала находится под риском, и как можно скорректировать данное положение, изменяя один или более важных входов. Вероятностный анализ предлагает очень ограниченные возможности изменений в горном плане по сравнению с изменениями любой из переменных модели.

Так, анализ чувствительности (включая вероятностный анализ чувствительности) может исследовать изменения в цене горючего, которые имеют место одновременно с увеличением стоимости рабочей силы. При любых обстоятельствах последствием этого будет изменение в отпускных ценах горной продукции (возможно некоторые продукты увеличатся в цене, а другие уменьшатся).

В действительности, в этой ситуации горный план также изменился бы. Кроме редких случаев, рудники всегда имеют выбор расширить или сократить производство и соответственно заменить оборудование на более подходящее. В результате ресурсы были бы перераспределены в создание большего количества продуктов, для которых отпускные цены увеличились. Если бы цены на горючее существенно повысились, то в большей степени использовалось бы оборудование с электроприводом, а дизельное оборудование было бы заменено на эквивалентное электрическое. Конечно, рыночная стоимость ненужного оборудования при этих обстоятельствах могла бы быть низкой, особенно, если это - уникальное горнодобывающее оборудование.

В конечном счете, это связано со способностью или неспособностью проекта приспособиться к этим видам изменений, связанных с реальным риском. Любая всесторонняя оценка риска должна рассмотреть способность проекта приспособиться к этому типу технического изменения. Можно установить значение этой способности изменяться измерением различия между данными двумя случаями: Какова могла бы быть

рыночная стоимость проекта, если были бы возможности для изменений? Какова могла бы быть рыночная стоимость, если бы не было никаких возможностей для изменений?

Рискованный капитал и период окупаемости должны быть измеримыми, отслеживая рыночную стоимость рудника при измененных обстоятельствах и сравнивая результат с тем, какой рыночная стоимость могла бы быть при некотором другом сценарии. Не существует какого-либо легкого способа для того, чтобы проследить рыночную стоимость проекта в течение долгого времени. Однако, для любого набора обстоятельств, различие между запланированной (ожидаемой) ценностью и рыночной стоимостью реально измеримо.

Логика такого анализа идентична логике, используемой в течение заключительных стадий настройки финансовой структуры проекта. Когда финансисты анализируют проекты с помощью перспективы худшего сценария, то они надеются гарантировать, что вложенный в проект капитал будет безопасен. Цель состоит в том, чтобы на ранней стадии выдвинуть на первый план потенциальные области риска и выбрать проект, лучше всего способный приспособиться к вероятным изменениям. Это также сосредотачивает большее внимание непосредственно на рискованном капитале, а не на целом.

Подход с рассмотрением, прежде всего, рискованного капитала не является столь же сложным, как вероятностные методы, обсужденные в предыдущих главах, хотя нет никакой трудности в объединении двух подходов, чтобы исследовать расширенный диапазон проблем на основе риска. Такой подход стремится объективно сосредоточить внимание на худших вариантах и сделать следующее:

1. Провести критическую экспертизу этого сценария с точки зрения управления (что должно делать управление, если это случается?) и гарантировать, что эксплуатационные, управленческие, финансовые или маркетинговые обстоятельства не препятствуют способности управления реагировать на эти обстоятельства. Многие из реальных вариантов бывают вставлены в проект даже без тщательного рассмотрения, и обычно не являются очевидными. Если они оставляются без внимания, то впоследствии могут неожиданно возникнуть во время переговоров по индустриальным, финансовым, экологическим, правительственным вопросам и потребовать дополнительных согласований.

2. Обеспечить механизм для выбора проекта, основанный на возвращении только на рискованном капитале, а не на полном. В этом смысле подход с позиций риска позволяет концептуально рассчитать индивидуальные потоки наличности проекта таким же образом, которым пользуются рынки производных инструментов (derivatives), то есть, анализируя потоки наличности в части риска и нериска и оценивая каждый элемент отдельно.

6.3.4. Руководящие принципы для рассмотрения рискованного капитала

Анализ риска обычно сигнализирует о подходящем (или по крайней мере максимально допустимом) соотношении заемных и собственных средств проекта, и это обеспечивает объективный механизм для последующих оценок, основанных только на активах.

Худшие варианты всегда имеются для основных проектов, однако, без аналитического инструмента количественного сравнения альтернатив, анализ этих альтернатив в процессе принятия решения может быть весьма поверхностным. Исследование худших вариантов, как руководство для горного планирование, предпринимается только иногда, т.к. большинство экспертов испытывают трудности в прогнозировании и рассмотрении худших вариантов. Чтобы быть максимально полезными, эти сценарии должны использовать не только модернизацию неизменного горного плана, но и изменения самого плана.

Рассмотрим, например, случай, для которого непредвиденная плохая работа одного вида оборудования является главным источником неудовлетворительной работы всего проекта. Узкое место, вызванное этим недостатком в работе, уменьшает выпуск продукции на 30 %. Так как весь капитал рассчитан для 100%-ой производительности производства, то граничное возвращение от возросших инвестиций в оборудование, чтобы исправить эту ситуацию, будет очень большим. К сожалению, непредсказанная ранее проблема означает, что (по крайней мере с точки зрения финансов) граничные затраты капитала для этих возрастающих инвестиций также очень высоки. Кредиторы не любят предоставлять дополнительные финансы для проектов, которые не могут доказать своей осуществимости. Проще говоря, когда Вы, как владелец плохо работающего рудника, обращаетесь в банк, чтобы получить больше денег, то Вы не имеете никаких преимуществ на таких переговорах. Действительно, риск излишнего давления, который может испортить деловые отношения с финансистами, может быть достаточным, чтобы отказаться искать новые кредиты. Поэтому проект будет прозябать с существенной неэффективностью.

Альтернативный сценарий включает предварительно согласованный с финансистами вариант, чтобы получить дополнительный капитал в экстренных ситуациях. На этот капитал могла бы быть установлена немного более высокая процентная ставка, но она будет лишь маленькими затратами по сравнению со стоимостью не имеющегося в наличии капитала. Обоснование состоит в том, что фирма знает, что некоторые разделы ее плана могут оказаться неадекватными, но она пока не знает точно, какие это части. Более экономично на первых этапах слишком не детализировать проект, а затем осуществить его корректировку, чем чрезмерно переоценить риск в областях, которые впоследствии окажутся ненужными. Тщательный анализ риска может предсказать эти требования и продемонстрировать ценность реальных вариантов (прогноз возможных изменений горного плана) с перспективы сокращения риска.

Перед началом проекта, вероятно, невозможно предсказать появление худшего варианта, но, по крайней мере, структура проектного капитала может быть предварительно рассмотрена, чтобы при появлении проблем доходы акционеров не уменьшались из-за неспособности руководства компании приспособиться к ним.

6.4. Литература

1. Thomas F. Torries, Evaluating Mineral Projects, Society for Mining, Metallurgy, 1998
2. Ian C. Runge. Mining Economics and Strategy, SME, USA, 1998, 316 p.

7. Финансовое моделирование горного проекта

7.1. Описание финансовой модели проекта

В результате геологической разведки выбираются сравнительно небольшие участки поверхности Земли, которые демонстрируют непрерывность минерализации и рекомендуются для последующего более детального изучения. Такие ресурсы получают категорию *Inferred*. Последующая разведка должна по возможности добавлять дополнительную информацию, чтобы позволить переместить ресурсы в категорию *Indicated*. Для перевода *Indicated* ресурсов в категорию запасов *Probable* требуется соответствующее технико-экономическое обоснование. Оно включает в себя рассмотрение реалистичных горных, металлургических, экономических, маркетинговых, юридических, экологических и социальных факторов. Финансовое моделирование горного проекта объединяет ключевые технические и финансовые параметры, включая экологические затраты, налогообложение, стоимость капитала и пропорцию кредита и собственных средств. Этот подход дает основание для анализа риска и неопределенности

проекта. Критические инвестиции и принимаемые решения основываются на этих моделях. Такие модели базируются на широко распространенном анализе обесцененного потока наличности (DCF), но горные проекты содержат много уникальных особенностей и составляющих, которых обычная оценка DCF может не охватывать.

Одним из этапов оценки горных проектов является создание финансовой модели. Это понятие очень широкое и включает в себя целый комплекс методов, частично рассмотренных в главах 5 и 6. Подробное описание этих методов можно найти в многочисленной экономической литературе, например в [1-7]. В этой главе будет рассмотрен вариант создания целочисленных финансовых моделей на основе электронных таблиц MS Excel, который чаще других встречается в практике оценки горных проектов. Подробное описание этого метода применительно к общим случаям рассмотрения инвестиционных возможностей можно найти в руководствах [8-9].

Такое моделирование предполагает создание большого множества необходимых и взаимосвязанных технико-экономических параметров, сгруппированных по своему предназначению и расположенных, как правило, на разных листах документа Excel. Эта модель удобна тем, что позволяет легко изменять любые входные установки (показатели) и моментально получать информацию, как это отразится на основных выходных характеристиках проекта. Такая гибкость весьма удобна при анализе чувствительности проекта, рассмотрении различных сценариев, а также при изменении внешних условий, технологических установок, объемов перерабатываемой руды, ее качества и т.п.

Для создания финансовой модели, прежде всего, нужна исходная информация и основные взаимозависимости (формулы) для расчета промежуточных и конечных параметров. Выше уже не раз отмечалось, что каждый горный проект уникален и требует своих специфических установок, но существует набор основных входных и выходных показателей, который можно считать общим для большинства случаев (Таблица 7.1). Обычно для создания модели привлекают опытных финансистов или специализированные организации. Этапы создание финансовой модели в таблицах MS Excel будет рассмотрено ниже на примере одного из совместных золотодобывающих предприятий, рассматривающих разработку месторождения открытым способом.

Таблица 7.1. Основные исходные и итоговые данные для финансовой модели

РАЗДЕЛЫ МОДЕЛИ	КТО ГОТОВИТ
Производство:	
Вскрышные работы	Горный инженер
Добыча руды	Горный инженер
Рудные склады	Горный инженер
Переработка руды	Инженер-технолог
Производительность фабрики	Инженер-технолог
Переработка руды со складов	Инженер-технолог
Транспорт продукции в порт	Инженер-технолог
Портовые склады	Инженер-технолог
Перевезенная продукция	Инженер-технолог
Производственные затраты (удельные и общие):	
Удаление вскрыши	Горный инженер
Добыча руды	Горный инженер
Восстановление (Рекультивация)	Горный инженер
Доставка материалов	Инженер-технолог
Переработка руды	Инженер-технолог
Инфраструктура и транспорт	Инженер по инфраструктуре

Экология	Эколог
Административные расходы и обслуживание оборудования	Менеджер/Клиент
Другие расходы (Роялти, Головной офис и т.д.)	Менеджер/Клиент
Капитальные затраты:	
Горный и земельный отвод	Менеджер/Клиент
Покупка собственности	Менеджер/Клиент
Геологоразведка	Геолог
Горное оборудование	Горный инженер
Перерабатывающий завод	Инженер-технолог
Инфраструктура и обслуживание	Инженер по инфраструктуре
Рабочий (оборотный) капитал	Менеджер/Клиент
Другие затраты	Менеджер/Клиент
Доходы от продажи продукции:	
График продаж (по типам продукции)	Консультант по маркетингу
Цены	Консультант по маркетингу
Доход	Аналитик проекта
Финансовые потоки:	
Подоходный налог	Налоговый Советник
График амортизации	Аналитик проекта
Расчет налогов	Аналитик проекта
Кредиторы/должники	Аналитик проекта
Поток наличности и экономическая оценка (100% собственность):	
Повышение курсов или индексов	Аналитик проекта
Обменные курсы валют	Аналитик проекта
Полученные доходы	Аналитик проекта
Оплаченные расходы	Аналитик проекта
График капиталовложений	Аналитик проекта
Поток наличности проекта	Аналитик проекта
NPV	Аналитик проекта
IRR	Аналитик проекта
Итоги, таблицы чувствительности и графика:	
Итоговые данные и чувствительность NPV и IRR к ключевым экономическим переменным (для каждого проектного сценария)	Аналитик проекта

7.1.1. Программа добычи руды

Основой модели является календарный график производства. Оптимизация «календаря» для карьеров и подземных рудников рассмотрена в главе 4. Производительность рудника по руде может быть ориентировочно получена с помощью «салфеточных» приближенных вычислений (например, по формуле Эйлера). В указанном разделе финансовой модели должна быть приведена таблица тоннажа для всех видов

товарной руды (с учетом потерь и разубоживания), которая поставляется из рудника на дальнейшую переработку или складирование по годам работы рудника (табл. 7.2). Кроме того, приводится тоннаж (объем) удаляемой ежегодно вскрыши. Аналогичная таблица создается также и для подземных работ, если они существуют.

Таблица 7.2. Программа добычи руды по карьеру

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				
3	Руда среднего сод. со склада на ОФ		Тыс. т				
	Содержание		г/т				
4	Склад руды ср. сод. в конце 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				

7.1.2. Планирование переработки руды

Далее создается таблица с характеристикой перерабатывающего производства (Табл. 7.3). 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 дискретное значение или функция содержания металла в руде (рис. 7.1.). В последнем случае в соответствующей ячейке таблицы 7.3. 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. 7.2. приведен пример прогнозирования цены золота методом экстраполяции. Как Вы можете заметить, что цена «не послушалась» выполненной корректной экстраполяции и резко пошла вверх, достигнув к 2007 г – 600 \$/унцию.

Таблица 7.3. Программа переработки руды и валовой 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				
Валовой доход	ТЫС. US\$				
Стоимость аффинажа	ТЫС. US\$				
Чистый Валовой доход	ТЫС. US\$				

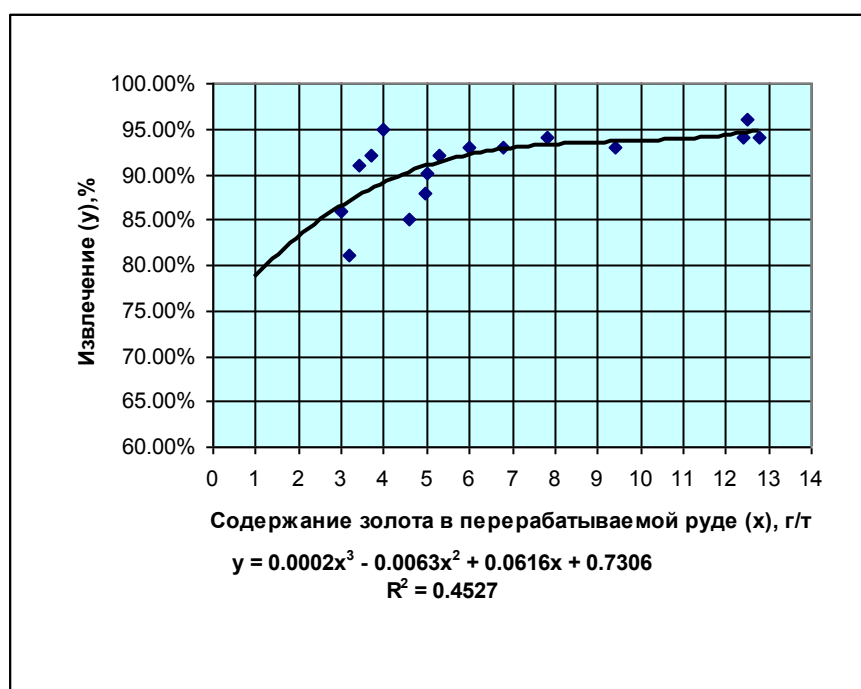


Рис. 7.1. Эмпирическая функция извлечения золота из руды

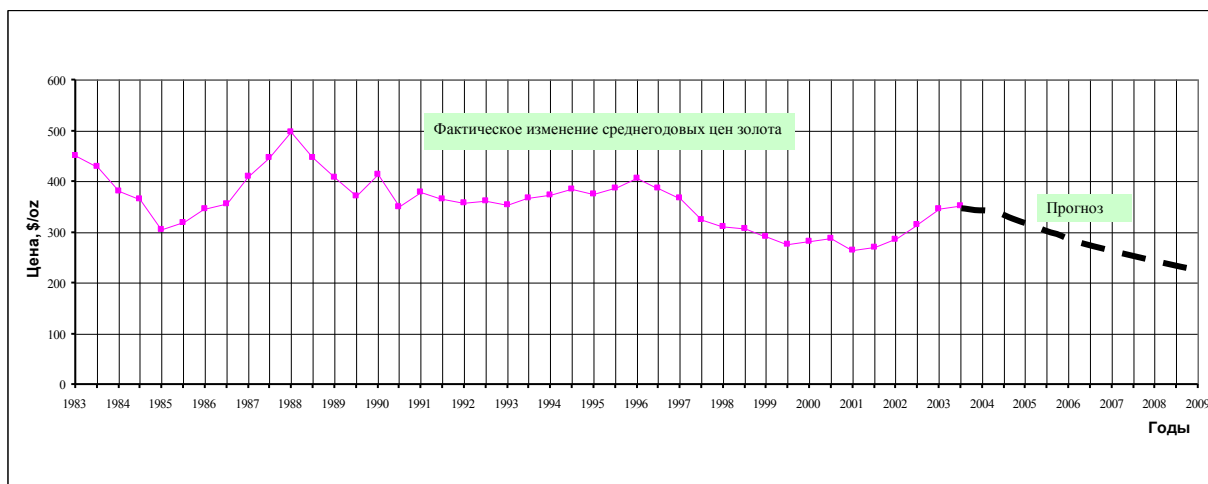


Рис. 7.2. Экстраполяция цены золота для создания финансовой модели в 2004 г.

7.1.3. 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. 7.4). 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 7.4 – 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 другими.

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), геологоразведочные работы, расширение и реконструкция перерабатывающего производства и т.д. Все остальные расходы компании в большинстве случаев относятся к производственным затратам и оплачиваются за счет дохода от продажи металла.

Таблица 7.4. 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\$				
Инфраструктура и техобслуживание	тыс. US\$				
Прямые КЗ по карьеру всего	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ ПО ПОДЗЕМНОМУ РУДНИКУ					
Горно-капит. и Подгот. работы	тыс. US\$				
Оборудование	тыс. US\$				
Инфраструктура и техобслуживание	тыс. US\$				
Прямые КЗ по Подземному Руднику всего	тыс. US\$				
Прочие кап. затраты	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ КАПЗАТРАТЫ ПО ДОБЫЧЕ, ВСЕГО	тыс. US\$				
ПРЯМЫЕ ЗАТРАТЫ ПО ФАБРИКЕ					
Золотоизвлекательная фабрика	тыс. US\$				
Участок по подготовке закладки	тыс. US\$				
Дамбы хвостохр.(основн. и предохран.), уч-к обеззараж.	тыс. US\$				
Прочие	тыс. US\$				

ПРЯМЫЕ КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ 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\$				
ГЕОЛОГОРАЗВЕДКА	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 КАПИТАЛЬНЫЕ ЗАТРАТЫ, 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\$				

7.1.4. Оценка эксплуатационных расходов

Большой труд представляет сбор необходимой информации и детальный расчет эксплуатационных затрат. На стадии ТЭО это часто делается с использованием аналогов, отраслевых нормативов, инструкций и методических материалов. В США, например, регулярно выходит детальный справочник фактических эксплуатационных затрат по всем горным предприятиям страны, который является очень полезным источником свежей и необходимой информации. В таблице 7.5 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 7.5. 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 хвостохран.		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 ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ЗАТРАТЫ			US \$/унцию Au					
			US \$/т руды					

7.1.5. Налоги и платежи

Расчет налоговых платежей производится обычно в отдельной таблице (табл. 7.6)

Таблица 7.6. Таблица расчета налогов

Показатели	Ед. измерени я	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\$					
	Подоходный налог с местных работников	тыс.US\$					
	Подоходный 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.

В некоторых странах (например США) в этой таблице учитывается степень истощения недр, а сумма отчислений по этой статье также не входит в состав налогооблагаемой прибыли.

7.1.6. Финансовая структура проекта

В таблице 7.7 приведена примерная схема финансирования горного проекта. Она учитывает начальные затраты капитала, привлечение заемных средств, начальные потоки наличности и некоторые другие расходы.

Таблица 7.7. 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%
Банковский 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 Кредит)				61451.07	
Активы:					
	Первая Ссуда	25005.00	20.99%		
	Вторая Ссуда	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.

7.1.7. 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 возвращения)

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 имеющие количественную оценку 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 доразведку, 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, содержаний 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.

$$NPV = \sum_{t=1}^n NCF_t (1+r)^{-t} \quad (7.1)$$

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 (учетная ставка);

n - срок существования 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 РВ – это период времени, за который отдача на капитал достигает суммы инвестиций, иначе говоря, это такое k , при котором

$$\sum_{t=1}^k CF / (1+r)^t = 0 \quad (7.2)$$

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 оптимистичные 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 настоящему времени 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.

Внутренняя норма прибыли или возвращения (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:

$$\sum_{t=1}^n CI_t (1+r)^{-t} = \sum_{t=1}^n CO_t (1+r)^{-t} \quad (7.3)$$

Где: CI_t и CO_t - соответственно положительные (прибыли) и отрицательные (инвестиции) потоки реальных денег.

Также возможно рассчитать IRR по эмпирической формуле, приведенной ниже.

$$IRR = r_1 + (r_2 - r_1) * \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} \quad (7.4)$$

При оценке проектов иногда рассчитывается 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 отрицательных 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.

Более подробно специфика использования показателей NPV, IRR и других для оценки горных проектов рассматривается в главе 6.

Итоговая таблица (табл. 7.8) финансовой модели обычно включает расчет NPV для разных вариантов нормы дисконтирования. Напомним, что IRR является нормой 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 7.8. Расчет потоков наличности и итоговых показателей проекта

Показатели	Ед. измерения	Годы			Всего
		1		22	
Валовый доход	тыс.US\$				
Затраты на аффинаж	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 дисконта = 5%)	тыс.US\$		
NPV проекта (Норма дисконта = 10%)	тыс.US\$		
NPV проекта (Норма дисконта = 15%)	тыс.US\$		
IRR	%		

7.1.8. 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 входных численных показателей, все остальные считаются постоянными и имеют некоторые заданные (проектные) значения; 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 (паучьи) диаграммы устойчивости проекта показывают, как изменяются одни (зависимые), параметры, скажем, показатель NPV или IRR 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. В ряде случаев используются также коэффициенты вариации одного параметра и абсолютные значения другого.

Каждый график обязательно проходит через точку в начале координат, которая отвечает основному варианту, (все показатели принимают средние проектные значения). Угол наклона графика является мерой зависимости между показателями.

Напомним, что 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:

- результат определяется n факторами;
- все факторы являются независимыми;
- каждый фактор может принимать m взаимоисключающих значений;
- вероятность появления каждого из значений равна P_{ni} ;
- 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. Более подробно проблемы учета риска и его количественная оценка рассматриваются в главе 7.

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 7.9. 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 7.9. Модель чувствительности проекта

Параметры	Абсолютные величины		
	Лучший вариант	Базовый вариант	Худший вариант
Факторы риска:			
Цена на золото (\$/унц.)	324	270	230
Содержание за весь период эксплуатации, (гр/тн)	7.05	6.41	5.45
Извлечение золота на ЗИФ (%)	94.0	91.04	88.0
Первичные Капитальные Затраты (млн.\$)	81.23	90.26	112.83
Эксплуатационные затраты на добычу бедной руды (\$/тн руды)	18.50	20.56	24.7
Сумма 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 вариант	Базовый вариант	Худший вариант
Цена на золото (\$/унц.)	32.73	22.89	14.25
Содержание за весь период эксплуатации, (гр/тн)	28.33	22.89	13.75
Извлечение золота на ЗИФ (%)	24.60	22.89	18.31
Первичные Капитальные Затраты (млн.\$)	25.24	22.89	18.10
Эксплуатационные затраты на добычу бедной руды (\$/тн руды)	25.17	22.89	18.10
Сумма 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. 7.3 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.

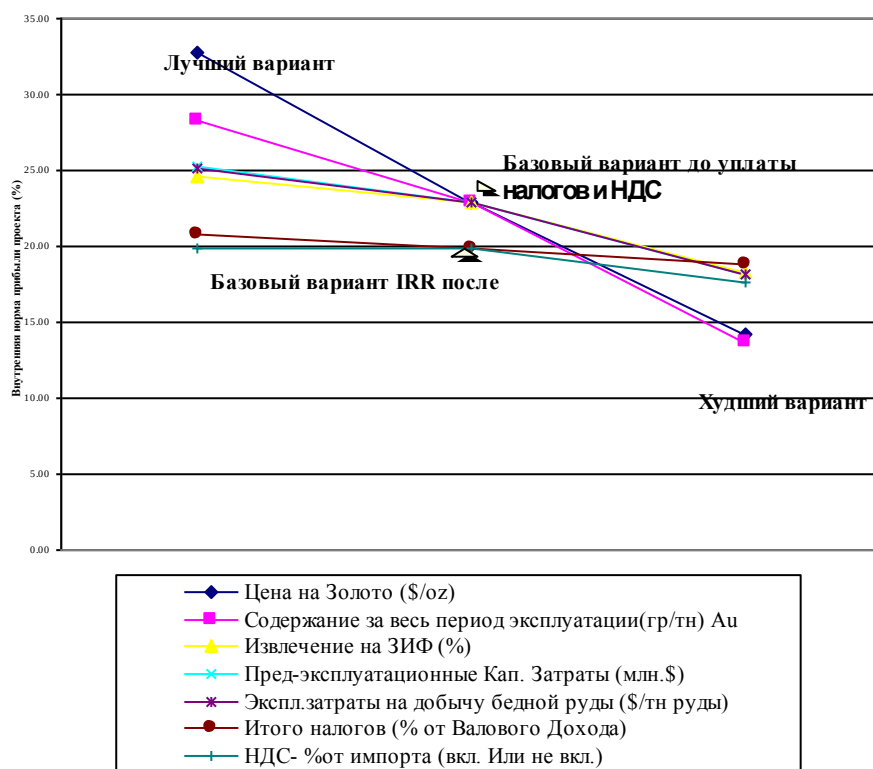


Рис. 7.3. Влияние факторов риска на изменение внутренней нормы прибыли проекта

7.2. Компьютерные программы

7.2.1. Программа IC-MinEval

Среди компьютерных программ, используемых для создания финансовых моделей горных проектов в среде MS Excel, наибольшее распространение получила программа IC-MinEval английской компании IC-FinEval Ltd. Это - основанная на Excel программа, автоматизирующая все стадии создания финансовых моделей для широкого диапазона минеральных проектов. IC-MinEval создает бухгалтерский баланс, расчет прибылей и убытков с помощью потоков наличности с учетом местных налоговых условий. Стоимость кредита вычисляется совместно со средневзвешенными капитальными затратами и стоимостью собственного капитала. Выходные модули включают расчет дисконтированного потока наличности, а также ключевые финансовые отношения и индикаторы, типа NPV, показателя окупаемости IRR и максимального финансового риска. Анализ чувствительности может быть выполнен для ключевых переменных.

Курс по финансовому моделированию горных проектов регулярно читается в Центре профессиональной подготовки королевского колледжа в Лондоне (www.imperial.ac.uk/cpd). Всем участникам передается программа IC-MinEval

Примерный перечень тем 3-х дневного семинара:

Оценка Ресурсов – Практика опробования и принципы неопределенности. Пространственный контроль опробования и концепция геологической непрерывности. Методы оценки запасов. Бортные содержания и модели рудных тел. Анализ дисконтированного Потока наличности - ценность денег во Времени. Модель приростного денежного потока (дополнительный денежный поток, который возникнет в результате осуществления определенного инвестиционного проекта). Учетные ставки. Оптимизация размера горного предприятия. NPV, IRR, окупаемость, максимальный финансовый риск. Анализ чувствительности.

Горное Производство: Предпроизводственное планирование и оптимизация производительности горных предприятий относительно размеров ресурсов и изменения бортового содержания. Системы разработки. Разубоживание. Горное программное обеспечение. Оценка капитальных и производственных затрат. Оптимизация NPV.

Горное Производство: Переработка руды - История развития технологии переработки золотой руды. Дробление, измельчение и фракционный состав руды. Флотация и гравитационное обогащение; техника извлечения минералов.

Финансовое Моделирование Золотого Проекта – Оценка Проекта с использованием IC -MinEval. Анализ чувствительности.

Экологические Ограничения Развития Горного проекта. Экологическое воздействие горных работ. Расположение хвостохранилищ. Восстановление поверхности и контроль. Закрытие производства. Стоимость восстановления. Расчет экологических затрат с использованием IC -MinEval.

Геостатистика - Создание надежных геологических моделей. Вариограммы. Кригинг и определение блочных оценок, а также связанной с ними дисперсии оценки.

Анализ Риска и Неопределенности в Финансовых Моделях - Расчет мультивариантных систем. Применение методов моделирования Монте Карло. Демонстрация применения моделирования Монте Карло на IC –MinEval. Использование программного обеспечения @Risk для моделирования многовариантных систем.

Процессы обогащения - Дробление. Флотация и гравитационное обогащение. Техника извлечения. Сравнение плавки и гидрометаллургии (SX-EW) для производства меди

Горное производство- Границы горных работ. Геомеханика. Сравнения затрат для различных систем разработки. Компьютерное горное проектирование.

Технико-экономические обоснования - роль PFS. Руководящие принципы и критерии классификации и перевода ресурсов в запасы. Использование финансов проекта. Оценка возможности разведки. Увеличение горного финансирования.

Семинар по Проекту разработки полиметаллического месторождения - оценка DCF для полиметаллических и золотых руд. Налогообложение и Бухгалтерия, моделирование royalty, налога с доходов корпорации, амортизации, пособий на истощение недр (depreciation), потерь и отсроченных затрат. Прибыль и Потери. Бухгалтерский баланс. Анализ связи между потоком наличности, максимальным риском потери капитала, отношением между собственными и заемными средствами.

Реальный Анализ Альтернатив - использование финансовых моделей в реальном анализе альтернатив горных проектов.

Угольный Семинар - Геология и классификация. Оценка. Горные методы. Связь между горногеологическими условиями, использованием оборудования и затратами. Анализ чувствительности.

Семинар Танталового Проекта - оценка DCF первичного пегматита. Геологические и минералогические характеристики. Предполагаемые затраты и доход. Размер ресурсов и содержания. Выбор оборудования. Оценка Проекта.

Семинар по Аллювиальным Алмазам - особенности месторождения. Валовые методы опробования. Безопасность и охрана. Содержания и оценка. Оценка DCF

Платиновый Семинар - Особенности месторождения. Горные методы и обогащение руды. Роль побочных продуктов (полиметаллы). Стратегические проблемы в оценке приобретения предприятия. Оценка DCF.

7.2.2. Пример использования программы IC-MinEval - Проект Золоторудного проекта в Ботсване [10]

Введение

Следующий пример золотого проекта Ботсваны показывает, как быстро и легко можно создать полную модель DCF использованием IC-MinEval. Сценарий, используемый здесь, использует основы программы IC-MinEval, но не учитывает особенностей финансирования проекта, инфляцию и т.д.

Описание

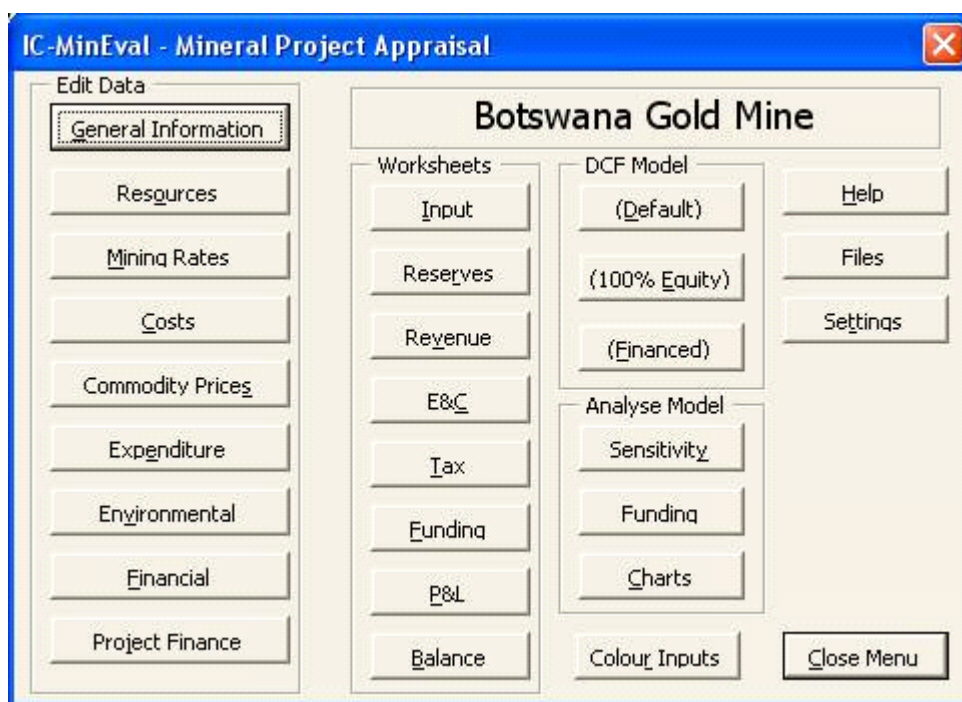
Предлагается оценить подземный золотой рудник и завод производительностью 1 000 тонн руды в день (в расчетах принято 360 рабочих дней в год) в Ботсване. Извлекаемые запасы - 3.24 миллиона тонн (в массиве) минерализованного материала с содержанием Au 10 г/тонну. Предполагается, что разубоживание будет 9 %, а извлечение на заводе - 90 %. Затраты капитала, как оценивают, равны 55 миллионов \$ США. Планируется два года подготовки производства (pre-production), 40 % капитала будет затрачено в первом году подготовки производства и 60 % во втором году. Полные эксплуатационные расходы на тонну руды оценены в 40 \$ США.оборотный капитал, как предполагается, будет 25 % от ежегодных эксплуатационных расходов.

Предполагаемая цена золота - 300 \$/тр.унцию (Пример 2003 г...).

Примем налоговую ставку 35 % от налогооблагаемого дохода. Амортизационные отчисления будут равномерно списываться в течение жизни рудника. Роялти подлежит оплате в сумме 2 % от оптовой стоимости продукции.

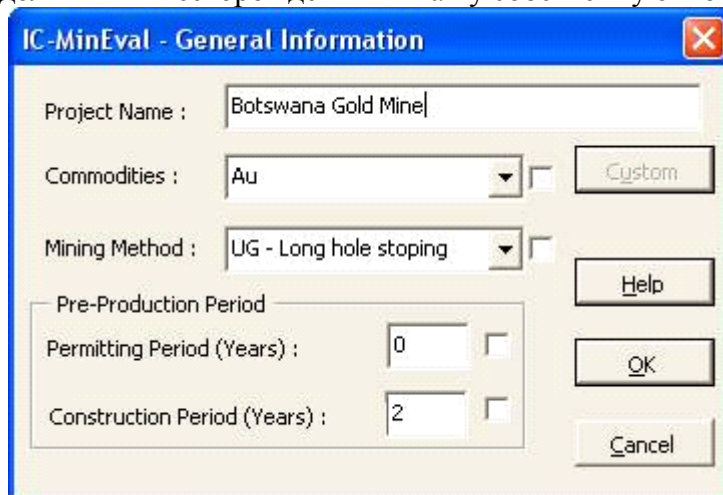
Начало работы с IC-MinEval

Когда Вы начинаете работу с программой IC-MinEval, то Вы увидите главное меню, которое позволит Вам создать модель, рассмотреть результаты или провести более сложный анализ проекта впоследствии. Однако, прежде, чем Вы начнете создавать проект, выберите кнопку General Information.



Общая Информация

После ввода названия проекта вводятся основные его данные. Поскольку этот пример - золоторудный проект, то выбрано Au. Однако IC-MinEval может моделировать и полиметаллические проекты, включающие, например, Золото, Серебро, Свинец, Цинк, Медь, Никель, Молибден, Олово, Платину, Палладий, Родий, Иридий, Рутений, Осмий, Алмазы, а также Уголь и Индустриальные Полезные ископаемые. Вы можете сами определить тип месторождения и Вашу собственную комбинацию типов продукции.



После того, как тип залежи был определен, из доступного списка выбирается метод добычи. Разные методы добычи позволяют различные варианты входов, включая коэффициент вскрыши, системы подземной разработки и специфическую информацию о затратах. Для этого примера выбрана метод добычи отбойкой глубокими скважинами.

Период подготовки производства включает время получения различных разрешений (согласований) и строительный период. Это полезно, когда Вы имеете время перед первыми расходами и началом производства. В данном случае мы имеем два года подготовки производства, в течение которых будет проводится строительство предприятия.

Ресурсы

Как только проект определен, мы можем установить детали ресурсов и содержаний полезных компонентов в руде.

IC-MinEval - Resources	
Total Mineralised Vol. (Mcu.b.m)	1.246
Specific Gravity of Ore	2.6
Mining Recovery (%)	100
% Tonnage Dilution (grade = 0)	9
Stripping Ratio (O:W)	1: 0
Gold Grade (g/t) 10 Plant Recovery (%) 90 Total Insitu Au (t) 32.40 Total Au mined (t) 32.40 Total Au Recovered (t) 29.16	
Total Insitu Ore at cutoff = 0 (Mt)	3.24
Total Ore Recovered (Mt)	3.24
Dilution Mined (Mt)	0.29
Total Diluted Ore Mined (Mt)	3.53
Total Mined (Ore + Waste) (Mt)	3.53
Help OK Cancel	

По геологическим данным проект имеет ресурсы 3.24 миллионов тонн руды в недрах (Insitu). Эти ресурсы находятся в земле и всегда будут больше чем мы фактически в состоянии добыть. При данной плотности руды 2.6 полный минерализованный объем составит 1.246 миллионов м3. Но, если Вы не знаете точно значения плотности, то Вы можете ввести здесь 1 и получить объем, равный тоннажу, что не важно на данной стадии, т.к. этот параметр не будет участвовать в вычислениях. Т.к. Вы вводите значения в окна формы, то сразу же делаются некоторые вычисления, которые также показываются в соответствующих окнах, типа тоннажа InSitu, Общего количества добытого материала и т.д.

Мы можем теперь определить, сколько будет добыто руды из массива (Insitu). В данном случае мы ввели извлечение при добыче 100 % (потери – 5%), что несколько необычно, поскольку мы ожидаем, что часть руды будет потеряна или окажется неэкономичной для добычи. Затем мы можем ввести показатель разубоживания, в нашем случае 9 %, что означает, что для каждую 9.1 тонну добытой руды мы также извлечем 0.9 тонны породы. Наличие некоторого разубоживания нормально, поскольку оно часто вызывается, условиями добычи, но необходимо сводить его к минимуму, за счет улучшения контроля за качеством руды. Введя эти значения, мы можем сразу увидеть, что в течение жизни рудника мы будем извлекать 0.29 млн.т некондиционного материала в полном объеме руды - 3.53 миллионов тонн. Поскольку это - подземная добыча, то коэффициент вскрыши здесь не используется.

Как только полные ресурсы были определены, мы в состоянии ввести содержание полезных компонентов в руде и извлечение их на заводе. Среднее содержание в массиве здесь - 10 г/т, а извлечение на заводе 90 %. На основании этих чисел мы получим 32.4 тонны золота в массиве, из которых мы в состоянии извлечь 29.16 тонн. В полиметаллическом месторождении будут показаны дополнительные таблицы для каждого металла, чтобы ввести там содержания и извлечения.

Как только мы ввели все требуемые показатели, мы можем нажать ОК, и модель будет обновлена, с правильными единицами измерения для каждого компонента (г/т, % и т.д.).

Производительность рудника.

Зная ресурсы месторождения, мы можем теперь определить, как месторождение должно быть отработано и определить срок жизни рудника.

IC-MinEval - Mining Rates

Mining Rate

☒ Estimate Mining Rate ☐
 Mining Rate / Day (T): 1000.00

☐ Calculate Mining Rate Using Taylors Formula
 Exp Mining Factor : 0.00
 Mining Rate /Day (T) : 0.01

Working days /year : 360.00
 Ore Mined Per Day (T) : 1000.00
 Ore Mined Per Year (MT) : 0.36
 Total Mined Per Year (Ore and Waste) (MT) : 0.36
 Mine Life: 9.81

Initial Mining Rates

Year	1	2	3	4	5
Percentage (%)	100	100	100	100	100
Amount (MT)	0.36	0.36	0.36	0.36	0.36

Buttons: Help, OK, Cancel

Форма производительности добычи дает нам несколько различных способов ввода этого параметра. Мы можем или оценить ее, входя в эту графу дневную производительность (это – должно быть количество извлекаемой горной массы), или использовать формулу Тейлора для расчета производительности по ранее введенной информации о ресурсах. Мы предполагаем, что производительность добычи будет 1000 тонн в день, таким образом, мы можем выбрать первую опцию, т.е. оценить годовую производительность рудника по дневной производительности. Мы также знаем, что рудник должен работать в течение 360 дней ежегодно, поэтому программа автоматически вычислит годовую производительность.

Мы также имеем возможность уменьшить производительность производства в начале проекта, поскольку достижение максимальной производительности может занимать год или больше. Однако, в этом примере мы будем выдерживать производительность производства 100 % для всей жизни рудника, которая составит 9.81 лет. Как только мы сделали эти изменения и выбрали ОК, модель будет пересчитана, в результате чего в таблицах модели будет установлено правильное число колонок (10 - для периодов производства и 2 - для строительного периода).

Затраты

Производственные затраты – это важная часть любого проекта, и IC-MinEval достаточно гибка для того, чтобы сделать Ваши оценки затрат такими детальными, как Вы хотите. Для этого Вы можете использовать Ваши собственные модели затрат или модели, встроенные в программу. Если Вы не имеете в наличии никаких значений затрат, то IC-MinEval будет использовать подходящие для Вашего случая капитальные затраты (Capex) для открытых и подземных золотых проектов и Производственные Затраты (Op) для Открытых золотых проектов.

Для этого примера нам предоставили только основные затраты, и таким образом мы можем ввести в окно Капзатрат (Capex) 55 млн.\$ и в эксплуатационные расходы -40 \$ на тонну. Мы не имеем никаких фиксированных расходов и можем оставить их равными нулю. Другие опции в этой форме относятся к детальным расчетам оценки затрат.

IC-MinEval - Costs (UG-Long Hole Stopping)

Capex

☐ Calculate Capex Ratio in construction Capex between Canada and proposed location : Total Capex (M\$):

☒ Estimate Capex Capex mine/mill (M\$) : 55.00

Capex processing plant (M\$) :

☐ Overhead costs (% of capex) :

Operating Costs

☐ Calculate Operating Costs Ratio in Operating Costs between Canada and proposed location : Total Op Costs / T Ore (\$):

☒ Estimate Operating Costs Mining Ore / T (\$) : 40.00

Mining Waste / T (\$) : Op Costs / Year (M\$)

Processing / T (\$) : 14.40

Annual Fixed Costs (M\$) :

Recalibrate O'Hara Cost Estimations

Change in Canadian mining costs since 1978 (%) :

US \$ / Canadian \$ Exchange Rate 1:

Цены на продукцию

Меню Товарных цен позволяет нам устанавливать начальную цену золота и определять, как она изменится по жизни проекта (увеличение с ростом инфляции, увеличение/уменьшение на фиксированный % или будет постоянной). Простой случай, который мы используем здесь, имеет неизменную цену золота US\$ 300, таким образом, мы устанавливаем 300 и выбираем опцию fixed.

IC-MinEval - Commodity Sales

Gold

Spot Price

Price (\$/oz) ☐ Inflate ☒ Fixed ☐ Escalated ☐

Annual Escalation (%)

Forward Sales

% Production Hedged Number Years Hedged

☐ Sold Forward Fixed Fixed Price (\$/oz)

☐ Sold Forward Escalated Base Price (\$/oz) Escalation (%)

☐ Sold Forward Floor Price Premium (\$/oz)

После установки (spot) цены при оплате наличными, Вы имеете возможность срочной продажи (forward sell) какой то части продукции для указанного числа лет (Хеджирование). Хотя это не требуется в нашем случае, но это - вариант, который мы можем рассмотреть, делая анализ сценариев.

Расходы

Поскольку мы определили US\$ 55 миллионов как капзатраты (Capex), то мы в состоянии разделить их на доли 40 и 60 % на 2-летний строительный период, входя нужные значения в соответствии с графиком оплаты Capex. Фактическое количество сразу вычисляется и показывается в соответствующих окнах для проверки. В этом случае получается US\$ 22 миллиона и US\$ 33 миллиона, соответственно.

Year	1	2	3	4	5	Total
Percentage (%)	40	60	0	0	0	100.00
Amount (M\$)	22.00	33.00	0.00	0.00	0.00	55.00

Working Capital	
Working Capital (% of Annual Op Costs)	25
Amount (M\$)	3.60

Здесь же в расходах мы можем установить размер оборотного капитала. Это - обычно процент от ежегодных эксплуатационных расходов, поэтому установим 25 %, как было определено в проектной спецификации (эквивалентно 3-м месяцам), и получим US\$ 3.6 миллиона.

Экологические условия и закрытие производства

В пакет включена способность моделировать условия поддержания окружающей среды и расходы на закрытие производства, включая начальный платеж перед началом работ (up front (sink fund)), платеж при завершении работ (post (bullet)) и ежегодные экологические затраты в течение периода производства, а также для указанного периода после завершения работ.

Простой случай, используемый здесь, не включает никаких экологических требований и условий (Environmental & Closure E&C), таким образом эти величины оставляются нолями.

Bullet Payment At End Of Mine Life (M\$) :	0	☐
Sink Fund At Beginning Of Production (M\$) :	0	☐
Annual Environmental Costs During Production (M\$) :	0	☐
Annual Rehabilitation Costs After Mining (M\$) :	0	☐
Number Of Years For Environmental Clean Up :	0	☐

Финансы

После определения характеристик месторождения мы можем рассмотреть режим финансирования более подробно, включая налогообложение и учетную ставку, которую мы будем использовать, чтобы оценить наш проект. Для этого сценария мы используем прямую амортизацию. Это позволяет нам использовать затраты на амортизацию (Сарех), чтобы сократить налогооблагаемый доход на одну и ту же сумму в каждый год производства. Роялти устанавливается 2 %, а основная налоговая ставка 35 %. Это дает возможность рассчитать основные налоговые параметры проекта. Если Вы имеете более сложную налоговую структуру, то IC-MinEval позволяет Вам спроектировать собственные налоговые модули, которые Вы можете сохранить и импортировать в Ваши модели.

IC-MinEval - Financial

Depreciation Method

☐ None ☐

☒ Straightline

☐ Depleting Orebody

Calculate NPV Using

☒ Discount Rate (%) ☐

☐ WACC (%)

☐ Variable

Royalty Rate (%) 2 ☐

Tax Rate (%) : 35 ☐

Annual Inflation (%) : 0 ☐

Discount Rate (%) : 8 ☐

Help OK Cancel

Модель предполагает отсутствие инфляции, таким образом мы можем оставить ее равной 0%. Затраты капитала для проекта - 8 %, которые мы устанавливаем как учетную ставку. Если требуется, то IC-MinEval может вычислять NPV с применением Взвешенных Средних Затрат Капитала (WACC) вместо того, чтобы использовать фиксированную учетную ставку.

Финансирование Проекта

На данном этапе мы выполняем только упрощенный финансовый анализ проекта. Позже мы можем смоделировать детально, как проект будет финансироваться и как это влияет на его жизнеспособность. Использование этого модуля позволяет структурировать финансирование.

Кроме настройки параметров финансирования, IC-MinEval включает в себя способность вычислять минимальный уровень финансирования так, чтобы никогда не иметь отрицательную кассовую наличность по жизни проекта (если это возможно), и автоматически вычислять все стандартные соотношения требуемые, чтобы исследовать структуру кредитования.

IC-MinEval - Project Finance

Capital Structure

Debt (%) of total: ☐ Equity: 100

Year	1	2	3	4	5	Total
Amount (M\$)	0	0	0	0	0	0

Loan Type and Repayment Schedule

Term (Years): ☐ Grace (Years): ☐

☒ Straight Loan ☐ Production Loan ☐

Up front Fee (%): ☐ Commitment Fee (%): ☐

Fixed Charges (M\$): ☐ Contingency (%): ☐

Loan Interest Rate (%): ☐ Weighted Average Cost of Capital (WACC) (%):

Return on Equity (%): ☐

Результаты

Время на создание нашей полной модели в таблицах Excel - приблизительно 20 минут. В каждой ячейке для производных показателей будут сохранены использованные формулы.

Модель включает расположение каждого листа в документе, детализируя процесс создания модели от начальных вводов, ресурсов, графика производства, доходов, налогов и до таблицы DCF, полностью связанной с таблицами P&L and Balance. Автоматически создается серия диаграмм, позволяя Вам визуальное сравнить потоки наличности и другие параметры, которые могут быть выбраны из главного меню IC-MinEval.

Как только модель была создана, очень легко изменять ее параметры и запустить сценарий "что - если", используя встроенные в Excel или в IC-MinEval функции, типа анализа чувствительности.

Анализ

Один тип анализа, который Вы можете быстро выполнить, - это анализ чувствительности проекта. Программа IC-MinEval имеет функциональные возможности, чтобы управлять этим анализом, создавать диаграммы паука для любой проектной (или добавленной Вами) переменной. Выбор опции Анализ Чувствительности Модели открывает окно Анализа Чувствительности, разрешающее Вам определять параметры интервалов изменения аргументов и критерии анализа.

Нажатие на кнопку Add позволяет Вам добавлять переменную к списку параметров, которые будут проанализированы (максимум - 20). Чтобы дополнить переменную, Вы должны только выбрать ее в модели и назначить ей имя.

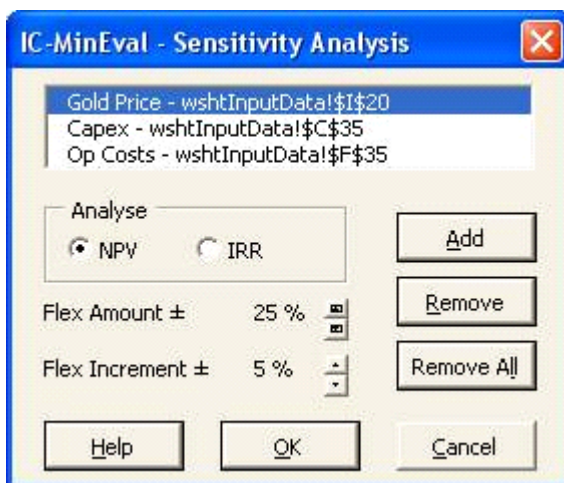
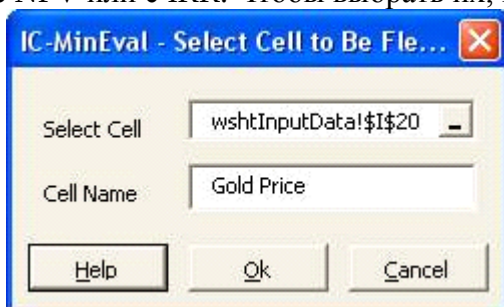
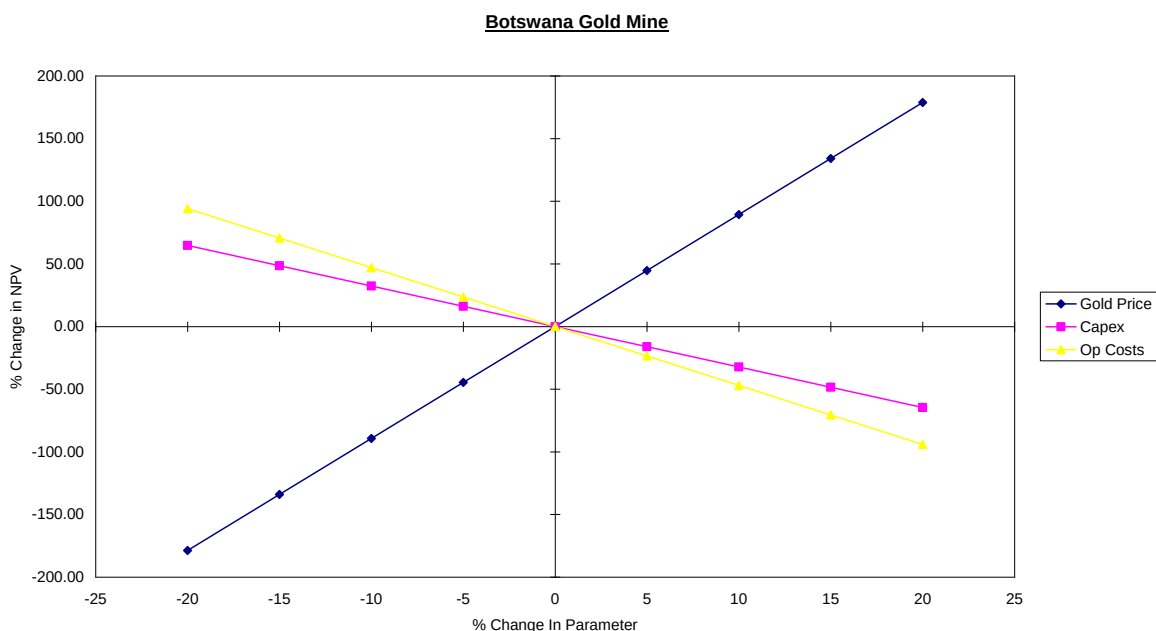


Диаграмма паука может быть создана, чтобы сравнить отобранные вами переменные или с NPV или с IRR. Чтобы выбрать их, просто щелкните мышью на нужном параметре.



Как только запущен модуль анализа чувствительности IC-MinEval, заказанные переменные изменяются, и создается диаграмма паука в соответствующем листе (окне). Эта диаграмма сравнивает процент изменения параметра с процентом изменения IRR или NPV.



7.2.3. Другие программные продукты

Финансовое моделирование охватывает широкий круг задач и методов их решения. Однако, специфика горного производства не всегда позволяет использовать стандартные разработки общепромышленного назначения. Из программных продуктов, созданных для финансовой оценки горных проектов можно еще назвать австралийский пакет Xeras фирмы Runge Mining Pty Ltd. (www.runge.com)

Этот пакет выполняет финансовое моделирование, расчет калькуляции себестоимости и другие 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 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 рабочей группы 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 модуль Advanced Budgeting, но сконцентрирован только на нуждах обслуживания оборудования компании.

Не так давно в России появилась компания Manzana Group (www.manzanagroup.ru), которая представляет на Российском рынке программные продукты компании Runge Mining Pty Ltd.

Можно отметить здесь также и российский продукт "Мастер-Минерал" (www.bullion.ru), созданный Центром Моделирования стратегии экономики региона (ЦМСЭР), **SMS Technologies Lab** при содействии кафедры полезных ископаемых МГУ, который позволяет быстро получать количественные характеристики привлекательности месторождения, проводить анализ чувствительности и оценивать риск горнорудного проекта.

Программный комплекс "Мастер-Минерал" решает следующие задачи:

- оценка комплексного извлечения металлов из добытой руды; оценка экономической эффективности с использованием метода дисконтирования (DCF);
- расчет срока окупаемости инвестиций (PB);
- расчет внутренней нормы доходности (IRR);
- расчет доходности проекта (NPV);
- моделирование движения денежных средств (NCF);
- построение календарного плана кредитования проекта;
- анализ чувствительности итоговых показателей эффективности и финансовой состоятельности проекта к изменению основных параметров расчета;
- риск-анализ, анализ многовариантных сценариев проекта.

ПК адаптирован для оценки коренных месторождений цветных, редких и благородных металлов, однако может быть применен для оценки россыпных месторождений после соответствующей доработки, т.е. учета капиталовложений. Возможна оценка как основе 100% собственных средств, так и на основе банковского проектного финансирования.

В основе ПК "Мастер-Минерал" заложена стандартная методика оценки инвестиций, позволяющая сравнивать нынешние стоимости капитальных затрат по проекту с будущими прибылями, от его реализации.

В целом ПК "Мастер-Минерал" предназначен для предпроектного анализа эффективности инвестиций в разработку месторождений полезных ископаемых открытым и подземным способом, в частности для оценки месторождений золота, как для внутренних нужд, так и для предоставления коммерческим или государственным инвесторам. ПК представляет собой экспресс оценку эффективностей инвестиций в разработку месторождений полезных ископаемых, и может быть использован геологом или горным инженером на ранних стадиях изучения объекта (имея только сведения о ресурсах (C1+C2) и средних содержаниях полезных компонентов в руде.

Принципы расчетов, а также предлагаемая методика, заложенные в ПК "Мастер-Минерал", соответствуют международным стандартам по оценки минеральных месторождений (Австралия, Канада, США). Приведенные методы экспресс оценки инвестиций в разработку месторождений базируются на международных требованиях и стандартах проведения экономических обоснований инвестиционных проектов. Данные принципы и стандарты сформулированы в методиках Мирового банка, ЕБРР, ЮНИДО для проектного анализа в различных отраслях промышленности. Российские требования и стандарты, на которых базируются методы расчета ПК "Мастер-Минерал" сформулированы в официальном издании: «Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов и их отбору для финансирования», утвержденном Министерством Финансов и Министерством Экономики Российской Федерации, Госстроем России от 31 марта 1994 года №7-12/47- М.: Информэлектро, 1994. Кроме того, ПК "Мастер-Минерал" учитывает особенности налогообложения предприятий горнодобывающей отрасли (новая редакция главы 25, 26 НК РФ).

7.3. Литература

1. Hill J.H. Geological and economical estimate of mining projects London 1993.
2. Economic analysis tools for the mining industry. US bureau of mines December 1995
3. Дергачев А.Л. Хилл Дж. Казаченко Л.Д., Финансовая-экономическая оценка минеральных месторождений. М.: МГУ 2000 176 с.
4. Временные методические рекомендации по геолого-экономической оценке промышленного значения месторождений твердых полезных ископаемых (кроме угля и горючих сланцев) МПР РФ от 13 января 1998 г. №3-р
5. Шумилин М.В., А. Гостевских Об оценке рисков горного проекта // Журнал Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №3 2001
6. Б.И. Беневольский., А.И. Кривцов Опыт оценки рыночной стоимости российской горной компании // Журнал Минеральные ресурсы России. Экономика и управление. №3 2000
7. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционного проекта и их отбору для финансирования. М: Минэкономики РФ 1997
8. Шимон Беннинга - Финансовое моделирование с использованием Excel, 2-е издание – Вильямс, 2006, ISBN- 9785845911414
9. Джексон М., Стонтон М., Финансовое моделирование с помощью Excel и VBA: углубленный курс, Диалектика, 2006г, 343стр, ISBN – 5845905478
10. IC-MinEval Case Study - Botswana Gold Project, 2002, IC-FinEval Ltd

Заключение

В этой книге автор попытался дать российским специалистам (прежде всего – горным инженерам) представление о методах и подходах к экономической оценке горных проектов, принятых в международной практике. С этой целью выполнен обзор основных публикаций (в основном иностранных), посвященных этой теме.

Автор не ставил перед собой цель – дать строгие математические доказательства рассмотренных выше экономических закономерностей, т.к. главная цель этой книги – сконцентрировать внимание специалистов на основных принципах и «подводных камнях», связанных с процессами принятия решений по инвестированию в горные проекты.

В последние годы в российской горной промышленности происходят серьезные изменения, которые прежде всего связаны с рыночной экономикой, сближением с международной классификацией минерального сырья и ускорением освоения информационных технологий. Хотя эти движения все еще медленные, но уже – ощутимые.

Надеюсь, что мои книги помогли хотя бы немного утолить «информационный голод» при освоении в России современных горно-геологических компьютерных технологий и несколько ускорить прогресс в этой области.

Приложение 1 - Классификация ТЭО (горные проекты) по данным компании Aker Kvaerner (Канада)

Класс ТЭО Подраздел	Концептуальное	Предварительное	Банковское	Детальное проектирование
Вводная часть				
Топографическая съемка	Примерная	Примерная	Окончательная	1:10000/1:2000/ 1:500 Окончательная, изолинии через 1 или 2 м
Состояние запасов	Indicated	Probable	Proven	Proven
Запасы руды	Геологические разрезы	Геологические разрезы	Детальная блочная модель	Детальная блочная модель
Инженерно-геологические параметры	Предполагаемые	Предварительные	Точные	Точные
Гидрологические параметры	Предполагаемые	Предварительные	Точные	Точные
Геологический отчет	Не требуется	Целесообразен	Необходим	Необходим
Планы вскрытия и подготовки рудника к эксплуатации	Предварительный горный план	Краткосрочный и долгосрочный горный план	План строительства, краткосрочный и долгосрочный горный план	План строительства, краткосрочный и долгосрочный горный план
Календарный план добычи руды	Предполагаемый план по годам	Рассчитанный план по годам	Детальный план по годам	Оптимизированный план по годам
Оценка укомплектования штата рудника	Предполагаемая	Имеющаяся информация	Расчетный график комплектования	Оптимизированный график
Горное оборудование	Предполагаемое	Имеющаяся информация о поставщиках	Расчет по реальной производительности	Оптимизированный план

Оборудование для технического обслуживания рудника	Предполагаемое	Общее описание	Спецификация без планов	Детальная спецификация с планами
Расходные материалы	% от наличия оборудования	Имеющаяся информация от поставщиков	Расчетные данные	Расчетные данные
Капитальные и эксплуатационные затраты	С использованием своих данных	С использованием своих данных и данных поставщиков	Расчеты бюджета	Конкретные предложения поставщиков
Поездка на площадку (место)	Не требуется	Целесообразна	Необходима	Необходима
Площадка				
Производительность завода	Предполагаемая	Предполагаемая	Оптимизированная	Окончательная
Географическое положение	Предполагаемое	Общее	Фактическое	Фактическое
Карты и съемки	Нет	Если имеются	Должны быть	Детальные
Анализ грунта и фундаментов	Нет	Нет	Предварительный	Окончательный
Поездки на площадку группы проектантов	Возможны	Рекомендуются	Необходимы	Необходимы
ОВОС (Экология)				
Социальный аспект	Предварительный	Предварительный	Завершён	-
Землепользование	Предварительный	Детальный	Завершён	-
Гидрогеологический аспект	Предварительный	Детальный	Завершён	-
Биологический аспект	Предварительный	Предварительный	Завершён	-
Экологический аудит	Предварительный	Детальный	Утвержден соотв. службами	-
Планирование/получение разрешений				
Права на использование водных ресурсов	Предварительные	Детальные	Окончательные	-
Лицензия на разведку/разработку месторождения	Разрешение на геологоразведку	Разрешение на геологоразведку	Разрешение на добычу полезных ископаемых	-
Нормативы по выбросам в атмосферу	Предполагаемые	Устное подтверждение	Письменное подтверждение	-
Технология				
Технологические схемы	Предполагаемые	Предварительные	Оптимизированные	Окончательные
Лабораторные испытания	Если есть	Рекомендуются	Необходимы	Необходимы
Опытно-промышленные испытания (опытное производство)	Не требуются	Рекомендуются	Рекомендуются	Необходимы
Энергетический и материальный балансы	Не важны	Предварительные	Оптимизированные	Окончательные
Перечень оборудования	Не важен	Предварительный	Окончательный	Окончательный
Генплан				
Общая схема	Концептуальная	Возможная	Вероятная	Реальная
Выбор оборудования	Принципиальный	Предварительный	Оптимизированный	Окончательный
Генеральный план, механизмы	Нет	Минимальный	Предварительный	Окончательный

Генеральный план, здания и сооружения	Нет	Схематический	Предварительный	Окончательный
Генеральный план, прочие компоненты	Нет	минимальный	Схематический	Предварительный
Схемы разводки трубопроводов	Нет	Нет	Однолинейная (трассы)	Детальная
Схемы электрических сетей	Нет	Нет	Однолинейная (трассы)	Некоторые детали
Спецификации	Нет	По производительности	Общие	Подробные
Составление сметы капитальных затрат				
Подготовка сметы	Инженером проекта	сметчиком	сметчиком	сметчиком
Коммерческие предложения поставщиков	Имеются в наличии	Единственный поставщик	Несколько предложений	Конкурентные предложения
Общестроительные работы	Эскиз	Оценка по чертежам	Оценка по чертежам	По расходу материалов
Работа механизмов и прокладка трубопроводов	% от оборудования	% от оборудования	Человеко-часы	Человеко-часы ¹
Строительство зданий и сооружений	По эскизам	Предварительные чертежи	По расходу материалов	По расходу материалов ¹
Электрическая часть	Долларов за квт.	Доллар за квт.	По расходу материалов	По расходу материалов ¹
Косвенные затраты	% от общей суммы	% от общей суммы	Рассчитаны	Рассчитаны ¹
План осуществления проекта	простой график	график	сетевой график	сетевой график
Непредвиденные расходы ²	20-25%	15-20%	15%	10%
Определение эксплуатационных затрат				
Зарплата	предполагаемые	исследования	текущие	фактические
Накладные расходы	предполагаемые	рассчитанные	рассчитанные	фактические
Стоимость электроэнергии	предполагаемые	предполагаемые	фактические	фактические
Затраты на топливо	предполагаемые	устные предложения	письменные предложения	фактические
Расходные материалы	предполагаемые	устные предложения	письменные предложения	письменные предложения
Запчасти	предполагаемые	устные предложения	письменные предложения	письменные предложения
Экономический анализ				
(Дисконтированный поток наличности)	не требуется	по запросу	по запросу	по запросу
Сметы используются для:	сравнения, отклонения, определения целесообразности	определения жизнеспособности, определения бюджета	привлечения подрядчика (гибкая сумма)	привлечения подрядчика (четко определенная сумма)

* Примечания:

1. Часто является объектом для субподряда
2. В этом определении процент непредвиденных расходов является примерным и не должен интерпретироваться как безоговорочная норма.

Приложение 2: Методы дисконтирования и сложные проценты [1, 2]

Цель этого приложения состоит в том, чтобы обеспечить быстрый обзор или ссылку на основные функции, использующие сложные проценты, дисконтирование и анализ потока наличности. Этот обзор не предназначен, чтобы включить абсолютно все, связанное с рассматриваемыми категориями. Он должен проиллюстрировать лишь основные принципы для достаточно простых случаев. Приведенная ниже информация может быть найдена в любом учебнике экономики.

Темы, обсужденные в этом приложении, включают следующее:

- будущая величина (future value - FV), также известная как будущая ценность (future worth - FW)
- номинальный или эффективный процент (nominal & effective interest)
- непрерывные сложные проценты (continuous compounding)
- сегодняшняя величина (present value - PV), также известная как сегодняшняя ценность (present worth - PW)
- поток наличности (cash flow - CF) и дисконтированный поток наличности (discounted cash flow - DCF)
- чистая сегодняшняя величина (net present value - NPV)
- ежегодные доходы (annuities)
- внутренняя норма возращения (internal rate of return - IRR) и общая норма возращения (growth rate of return - GRR)
- учетная ставка (discount rate) и процентная ставка (interest rate)
- средневзвешенные капитальные затраты (weighted average cost of capital)
- постоянные и текущие цены (constant versus current dollars)
- эффект инфляции (effects of inflation)
- использование нескольких учетных ставок (use of multiple discount rates)
- конфликт ранжирования NPV- IRR (ranking conflict)
- приращения IRR (incremental IRR)

Будущая Ценность (FV)

Рассмотрим следующую проблему: Если 10 \$ инвестируются и получают ежегодно 12 % процентную ставку, то какой FV будет получен в конце третьего года?

Используя сложные проценты (СП), мы получаем следующие результаты:

Год	Результат
	\$10
	$10 \times 1.12 = 11.20$
	$11.20 \times 1.12 = 12.54$
	$12.54 \times 1.12 = 14.05$

Другой подход состоит в том, чтобы идентифицировать этот фактор, основанный на процентной ставке и времени: $1.12 \times 1.12 \times 1.12 = (1.12)^3 = 1.405$ и умножить его на основу, что приводит к такому же результату

$$FV = \$10 \times 1.405 = \$14.05 \text{ или в более общем виде}$$
$$FV = PV(1 + i)^t \quad (1)$$

Можно также использовать специальные таблицы сложных процентов, чтобы определить $(1 + i)^t$. Поскольку $i = 0.12$ и $t = 3$, такие таблицы дают $(1 + i)^t = 1.405$, что снова приводит к $FV = 14.05 \$$.

Номинальный и эффективный процент

Мы можем также выполнить аналогичные вычисления для периодов меньших, чем год. Предположим, что мы желаем разделить год на n равных периодов. Вместо ежегодной процентной ставки, мы теперь имеем процентную ставку в течение более короткого периода. Это будет вводить два новых термина:

1. номинальная процентная ставка за год, r , является ежегодной процентной ставкой без использования сложных процентов; и
2. эффективная процентная ставка за год, i , которая использует СП.

Например, если банк платит интерес 1.5 % в квартал, то $r = 1.5 \% \times 4 = 6.0 \%$. Если 1.00 \$ депонирован в банке в течение четырех кварталов с номинальной процентной ставкой 6.0 %, то в конце года, счет вырастет до 1.061 \$. В этом случае, $i = [(\$1.061/\$1.00) \pm 1] \times 100 = 6.1 \%$. В более общих терминах, эффективная процентная ставка за год выражается следующим образом:

$$i = \left(1 + \frac{r}{n}\right)^n - 1 \quad (2)$$

где n - число рассматриваемых периодов в году.

Если есть еще t лет, в которых такое разбиение может иметь место, то уравнение 1 может быть переписано, чтобы определить будущие значения для периодов меньших чем год:

$$FV = PV \left(1 + \frac{r}{n}\right)^{nt} \quad (3)$$

Где:

t = число лет

n = число периодов в году

r = номинальная ставка

Непрерывные сложные проценты (СП)

As n approaches infinity, $(1 + r/n)^{nt}$ approaches e^{rt} , the term for continuous compounding. Therefore, at $n = \infty$, Equation A.2 becomes

Поскольку n приближается к бесконечности, то $(1 + r/n)^{nt}$ приближается к e^{rt} для непрерывных СП. Поэтому, при $n = \infty$, Уравнение 3 будет иметь вид

$$FV = PVe^{rt} \quad (4)$$

Сегодняшняя Ценность (PV)

Большинство проблем в оценке минеральных проектов использует определение сегодняшней ценности будущего денежного потока или потока наличности.

Рассмотрим пример. Какую ценность имеет возвращение (доход) 10 \$ сегодня, если оно будет получено в конце третьего года реализации основного проекта, предполагая, что есть альтернативный вариант размещения доступного капитала в проекте, который приведет к норме возврата 12 %, ежегодно?

Определение PV использует дисконтирование, которое является инверсией СП. Мы начинаем с конца (10 \$ в третьем году, начиная от сегодняшнего времени) и считаем назад к настоящему времени, обесценивая 12 % ежегодно:

Год	Результаты
	$\$10/1.12 =$
	$\$8.93$
	$\$8.93/1.12 =$

	\$7.97
	$\$7.97/1.12 =$ \$7.12
	\$7.12

Другой вариант расчета. Мы можем рассчитать дисконтный фактор, на основании учетной ставки и времени, как при определении будущей ценности:

$$1.12 \cdot 1.12 \cdot 1.12 = (1.12)^3 = 1.405,$$

но на сей раз надо разделить:

$$PV = \$10/1.405 = \$7.12$$

Итоговая формула

$$PV = \frac{FV}{(1+i)^t} = FV(1+i)^{-t} \quad (5)$$

Мы также можем использовать для этих целей специальные таблицы и микрокалькуляторы.

Формула для непрерывного дисконтирования

$$PV = FVe^{-rt} \quad (6)$$

Поток наличности (CF) и дисконтированный поток наличности (DCF)

Поток наличности – это чистый поток ежегодных инвестиций, затрат и доходов. При этом инвестиции и затраты – отрицательны, а доходы – положительны. Таблица 1. показывает простой 3-летний поток наличности с инвестициями, сделанными в году 0 и 2. Дисконтирование CF по соответствующей учетной ставке i дает дисконтированный (обесцененный) поток наличности. Анализ DCF - один из главных инструментов, используемых, чтобы проанализировать выполнимость проекта. Пример такого расчета приведен ниже.

Таблица 1. Пример простого потока наличности за 3 года

ПОКАЗАТЕЛЬ, \$	ГОД			
	0	1	2	3
Доход		100	150	200
Затраты		-50	-75	-150
Прибыль		50	75	50
Капитальные затраты	-125	0	-15	0
Поток наличности	-125	50	60	50

Чистая сегодняшняя ценность (NPV)

NPV – это сегодняшняя величина ежегодного дохода минус сегодняшняя величина всех ежегодных затрат, включая инвестиции.

Рассмотрим таблицу 1 и примем учетную ставку 12 %. Чтобы вычислять NPV, мы можем найти сегодняшнюю величину затрат и прибыли для каждого года, обесценивая эти значения на 12 % ежегодно.

Прибыль : $PV_{rev} = 100/(1.12)^1 + 150/(1.12)^2 + 200/(1.12)^3 = \$351.22$

Затраты: $PV_{cost} = 50/(1.12)^1 + 75/(1.12)^2 + 150/(1.12)^3 = \$211.20$

Инвестиции: $PV_{inv} = 125/(1.12)^0 + 15/(1.12)^2 = \$136.96$

Тогда NPV будет равна:

$$NPV = PV_{rev} - (PV \cos t + PV_{inv}) = \$3.06$$

Используя данные той же самой таблицы, мы могли бы также определить NPV с помощью ежегодных значений потока наличности (должен быть включен год 0) и учетной ставки 12 %:

$$PVCF = (-125)/(1.12)^0 + 50/(1.12)^1 + 60/(1.12)^2 + 50/(1.12)^3 \\ = -125 + 44.64 + 47.83 + 35.59 = \$3.06$$

Формула для расчета NPV:

$$NPV = \left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+i)^t} \right] - I_0 \quad (7)$$

Где: CF t = поток наличности в год t

Ежегодные доходы (или выплаты)

Ежегодный доход (annuity) - просто специальная форма потока наличности, в котором постоянная сумма дохода (инвестиций) получается (вкладывается) в каждый период времени по постоянной норме сложного процента. Мы могли бы использовать ранее приведенные вычисления PV, чтобы рассчитать ежегодные значения, но использование формулы ежегодных доходов и ежегодных значений фактора позволяют нам сэкономить время. Например, если мы имеем проект, который дает 100 \$ ежегодно в течение 3 лет, мы можем определить PV следующим образом (принимая учетную ставку 12 %):

$$PV = 100/(1.12)^1 + 100/(1.12)^2 + 100/(1.12)^3 = \$240.18$$

Однако, чтобы упростить вычисления, мы можем использовать формулу

$$PV = PMT \frac{1 - (1+i)^{-t}}{i} \quad (8)$$

где PMT - ежегодная равная оплата (или доход), сделанная в течение долгого периода времени t. Поэтому, для t = 3 и i = 0.12,

$$PV = \$100 \frac{1 - (1 + 0.12)^{-3}}{0.12} = \$100 \times 2.402 = 240.18$$

Как и для PV и FV, мы можем также определить суммарные факторы для PV ежегодных доходов с помощью таблиц или использованием переносного калькулятора.

Знание таких методов вычислений позволяет делать быстрые приблизительные оценки потоков наличности, а так же определять ежегодные затраты капитала. Например, если медный рудник стоит 200 миллионов \$, срок его жизни - 20 лет, продукция - 18 000 000 кг (40 000 000 фунтов) меди ежегодно и эксплуатационные расходы - 1.10 \$/кг (0.50 \$/фунт) меди, то какая цена продукции является необходимой, чтобы достигнуть 7%-ого возврата?

В этом случае, мы принимаем покупную цену рудника как сегодняшнюю ценность; таким образом, PV = 200 миллионов \$. Мы также имеем t = 20 и i = 0.07, т.е. мы можем ввести эти значения в Уравнение 8, чтобы найти что PMT = \$18.88 миллион/год. Это - ежегодное количество положительного ежегодного потока наличности, требуемого, чтобы возместить весь капитал через 20 лет плюс 7%-ая норма возврата на инвестированном капитале. Так как мы знаем необходимый ежегодный поток наличности и ежегодную медную продукцию, мы можем определить чистую прибыль на единицу меди:

PMT на кг меди = (\$18,800,000)/(18,000,000 кг) = 1.04\$/кг требуется для компенсации капитала и 7%-ого возврата.

Необходимая цена на медь определяется суммированием полученной прибыли с удельными эксплуатационными и капитальными расходами, или 1.04 \$ + 1.10 \$ = 2.14 \$/кг

Внутренняя норма возврата

IRR - это учетная ставка, которая делает $NPV = 0$. Чем выше IRR, тем более выгодный проект, при прочих равных условиях. Проекты, которые имеют самый высокий IRR, являются самыми привлекательными. Есть проблемы, связанные с использованием IRR как критерия оценки, которые будут описаны позже.

Общая формула просто приравнивает NPV к нулю и заменяет i на IRR:

$$NPV = 0 = \left[\sum_{t=1}^n \frac{CF_t}{(1+IRR)^t} \right] - I_0 \quad (9)$$

В качестве примера подсчитаем IRR для потока наличности, показанного в Таблице 1. Так как мы не можем математически решить Уравнение 9 для IRR, мы решим его методом проб и ошибок. Из предыдущего раздела мы уже знаем что, для учетной ставки 12 %, $NPV = 3.06$ \$. Мы можем вычислить следующие значения NPV для более высоких учетных ставок, пока мы не найдем необходимое i , которое делает $NPV = 0$:

i	PV
2%	.06
3%	.89
4%	1.22

Мы теперь знаем, что $NPV = 0$ для значения i где-нибудь между 13 и 14 %. Хотя функция $NPV = f(i)$ криволинейна, (на Рисунке 1 она выглядит, как прямая линия), мы можем интерполировать эти значения, чтобы оценить фактическую величину IRR.

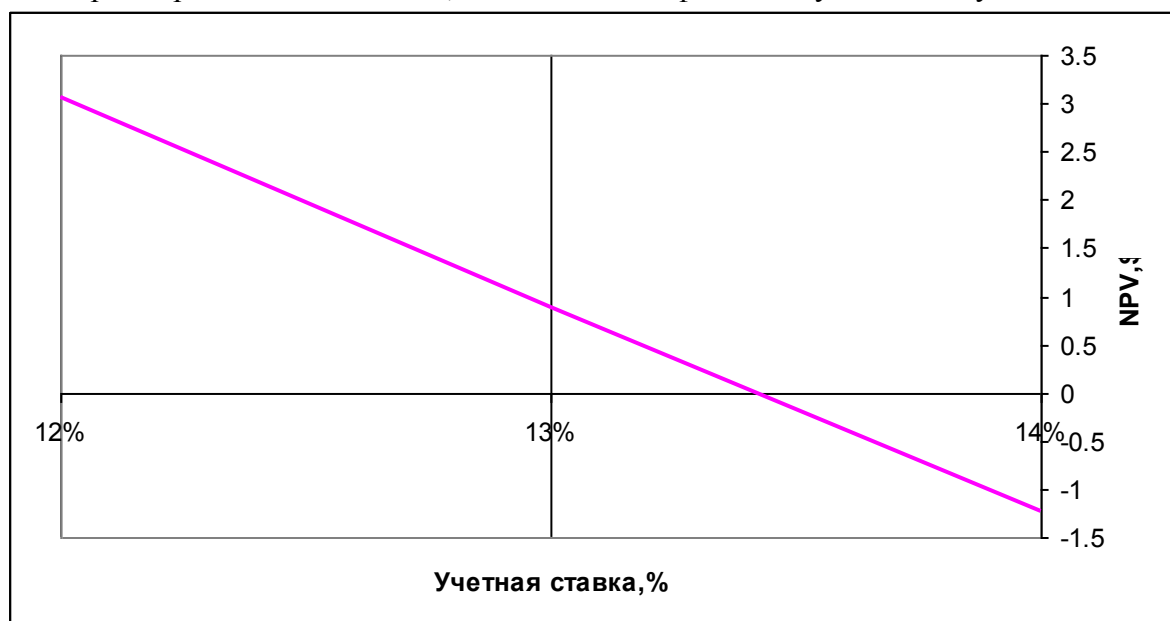


Рис. 1. Зависимость NPV от учетной ставки для примера таблицы 1.

$$0.89 / (0.89 + 1.22) = 0.422 \text{ или } IRR = 13 + 0.422 = 13.42\%$$

Мы можем теперь проверить, чтобы увидеть, как близки мы к истинному IRR, вычисляя NPV при $i = 13.42$ %. В результате найдем, что $NPV = -0.01$, таким образом правильное значение IRR - действительно очень близко к 13.42 %.

Другой способ определения IRR состоит в том, чтобы вычертить функцию NPV для разных учетных ставок, как показано на Рис. 1. Для рассмотренного примера, мы находим, что увеличение учетной ставки приводит к уменьшению NPV. Значение IRR определяется на графике в том месте оси, где $NPV = 0$.

Можно также использовать встроенные функции программы MS Excel, которые содержат большинство стандартных общераспространенных формул для финансовых расчетов.

Проблема нескольких решений (multiple-root problem)

Как обсуждалось в основном тексте этой книги, встречаются случаи, когда единственный поток наличности дает несколько значений IRR, приводящих NPV к нулю. Эта ситуация может произойти с проектами, в которых требуются большие капиталовложения и при запуске производства и в последующие годы. Таблица 2 показывает два потока наличности, CFA и CFB, для которых имеется больше чем одна внутренняя норма возвращения. Таблица 3 показывает NPV этих двух потоков наличности для различных учетных ставок. Графики NPV изображены на Рисунке 2.

Таблица 2. Пример ежегодных потоков наличности

ГОД	CF _A	CF _B
0	-180	-100
1	100	75
2	100	75
3	100	75
4	100	75
5	100	75
6	-100	75
7	-100	75
8	-100	-200
9	-100	-200
10	-100	-200
11	0	-200
12	0	-200
13	0	50
14	0	50
15	0	50
16	0	50
17	0	50
18	0	50
19	0	50
20	200	300

Каждый случай, где график пересекает ось X, соответствует нулевому значению NPV и, следовательно, величине IRR.

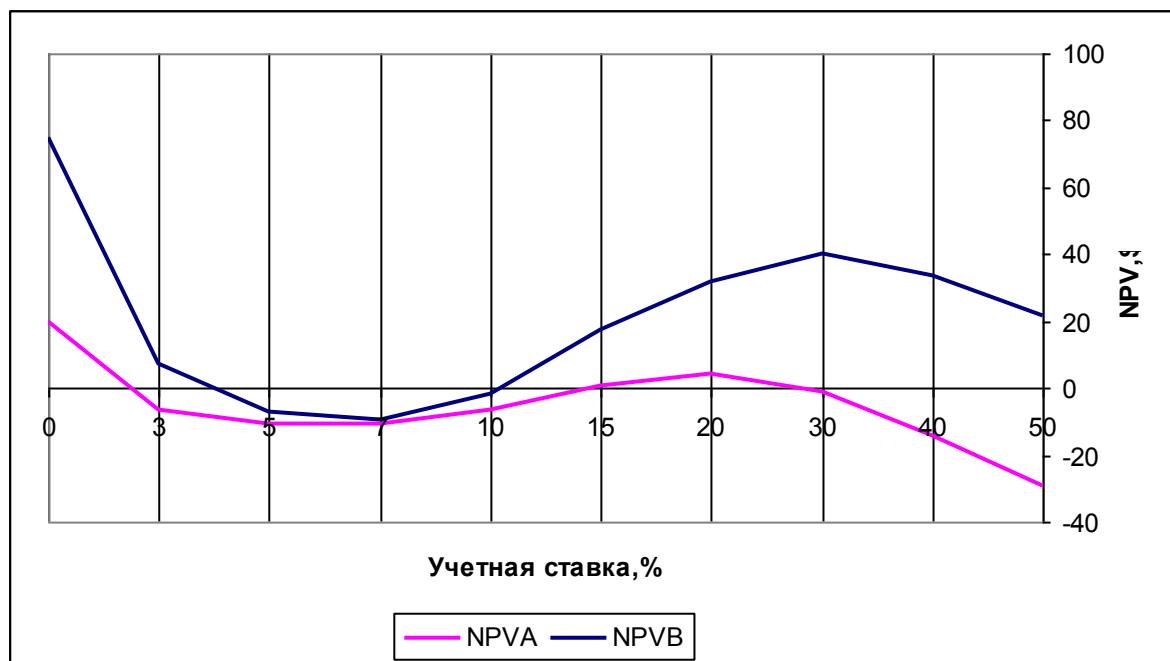


Рисунок 2. Зависимость NPV от размера учетной ставки для 2-х проектов

Имеются три значения IRR для CF A и CF B (третий IRR для CF B выше чем 50 % и находится за пределами масштаба). Проблема состоит в том, который IRR выбрать? Заманчиво выбрать, по правилу большого пальца, IRR, который является самым близким к величине минимальной приемлемой нормы вознаграждения (minimum acceptable rate of return - MARR). Однако, нет никакой теоретической причины сделать это. Другие значения IRR также действительны.

Хотя проблема многих решений иногда расценивается как проблема исключительно анализа IRR, но таблица 3 и рисунок 2 демонстрируют, что NPV здесь затрагивается также. Как показано на рисунке 2, для определенных диапазонов учетной ставки возможно достигнуть более высоких значений NPV просто, выбирая более высокую учетную ставку; например, NPV проекта B устойчиво увеличивается в пределах диапазона учетной ставки 10 - 30 %. На практике оценщик выбирает сначала учетную ставку и затем рассчитывает окончательную NPV. Когда присутствует несколько значений IRR, выбор IRR, который является самым близким к MARR, согласуется с этим подходом. Однако нет никакой теоретической причины предпочесть одну из нескольких величин IRR другим, как нет и никакой теоретической причины выбрать NPV, рассчитанную из учетной ставки, которая является самой близкой к MARR.

Таблица 3. Значения NPV для разных учетных ставок

УЧЕТНАЯ СТАВКА, %	NPV _A	NPV _B
0	20.0	75.0
3	-6.3	7.1
5	-10.9	-7.2
7	-10.6	-9.3
10	-6.6	-1.8
15	0.8	17.2
20	4.1	31.5
30	-1.0	40.1
40	-14.1	33.5
50	-29.1	21.7

Можно также показать, что отношение выгода/затраты (benefit:cost - BC) является другим критерием, который также может быть затронут этой проблемой. Отношение BC определено как отношение сегодняшней величины полученной выгоды к сегодняшней величине затрат. Это - другое средство выражения нормы возвращения, которое имеет многие черты, что и IRR. Как пример, рассмотрим определение сегодняшних величин затрат и выгод проекта А (см. Табл.2) по различным учетным ставкам (Таблица 4). Рисунок 3 показывает зависимость всех этих величин от учетной ставки. Критерий выбора в анализе BC такой, что проект является стоящим, если отношение BC больше 1. Как показывает график, есть три значения учетной ставки, для которых BC > 1, что соответствует тем же самым трем учетным ставкам, показанным на рисунке 2. Это демонстрирует, что анализ BC имеет ту же самую проблему многих решений, как и IRR.

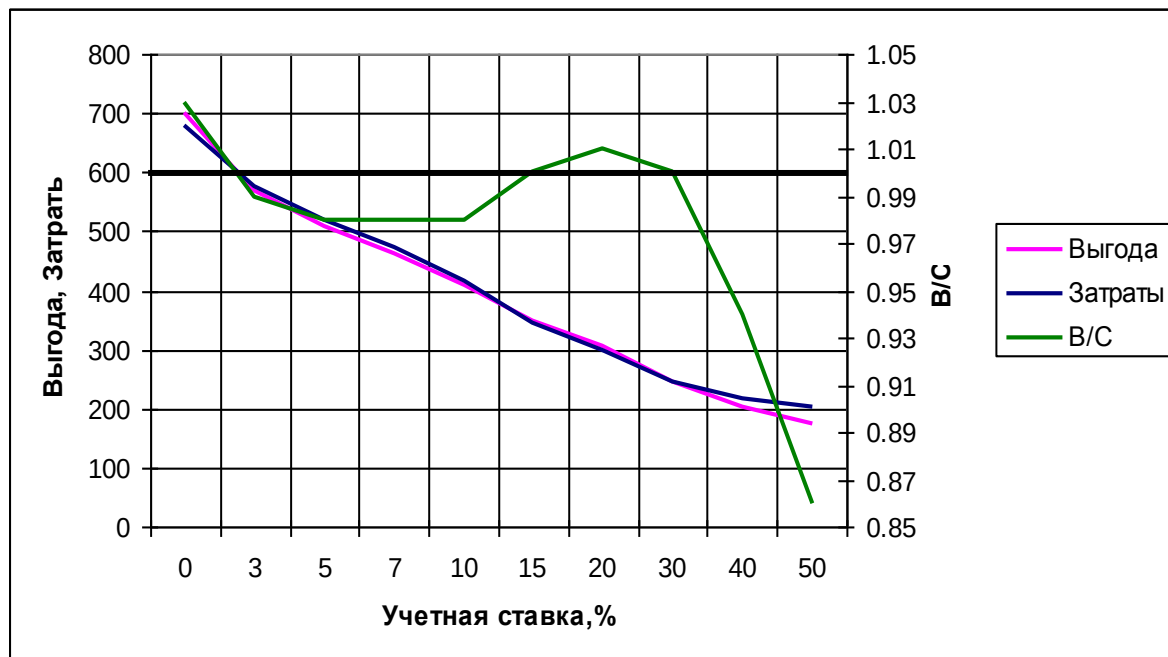


Рисунок 3. Зависимость сегодняшних затрат, выгоды и отношения В/С от размера учетной ставки

Таблица 4. Сегодняшние значения выгоды, затрат и В/С для разных учетных ставок

УЧЕТНАЯ СТАВКА, %	ВЫГОДА, \$	ЗАТРАТЫ, \$	В/С
0	700.00	680.00	1.03
3	568.71	575.05	0.99
5	508.33	519.23	0.98
7	461.70	472.34	0.98
10	408.81	415.38	0.98
15	347.44	346.66	1.00
20	304.28	300.19	1.01
30	244.61	245.60	1.00
40	203.76	217.84	0.94
50	173.72	202.87	0.86

Вывод заключается в том, что NPV, IRR и отношение BC, так же как любой другой критерий, связанный с DCF, страдает аналогичными проблемами множественных решений, зависящих от размера учетной ставки.

Противоречие реинвестирования

В экономической литературе идут большие дебаты относительно того, требует ли анализ IRR предположения, что ежегодные дивиденды проекта будут повторно инвестироваться в него. Как показано ранее, определение величины IRR базируется исключительно на числе и значениях ежегодных потоков наличности, а также начальных инвестициях, приводящих NPV к 0. Поэтому никакое повторное инвестирование ежегодных дивидендов непосредственно не учитывается в расчете IRR. Вопрос в том, при каких условиях мы можем рассматривать IRR, как аналог процентной ставки (интереса), примененной к начальной инвестированной сумме, депонированной на счет в банке? Другими словами, при каких условиях будущая величина начальных инвестиций (если они учитывают интерес как IRR) сравняется с объединенной будущей величиной всех ежегодных потоков наличности проекта?

Например, рассмотрим поток наличности следующего проекта:

Год				
Поток Наличности, \$	150	5	5	5

Для этого примера, начальные инвестиции, сделанные в конце года, - 150 \$. Мы можем определить IRR, как 23.4 %. Предположим, что мы смогли внести начальные 150 \$ на счет в банке, где деньги накопят сложные проценты в течение 3 лет с процентной ставкой, равной этому IRR (Таблица 5). В конце этих 3 лет, мы получим 281.80 \$; что представляет собой $FV = 150 \$$, при норме 23.4 %.

Следующий шаг должен определить, должен ли проект с предыдущим потоком наличности повторно инвестировать его ежегодные дивиденды с процентной ставкой, равной IRR, чтобы иметь тот же самый FV как определено в примере счета в банке. Таблица 6 показывает, что случается, если такие повторные инвестирования действительно сделаны. Таблица показывает $FV = 281.80 \$$ в конце 3 лет. Это демонстрирует, что, если мы желаем оценить IRR проекта как аналогичный сложный процент нормы интереса, примененный к начальным инвестициям, то мы должны предположить, что ежегодные дивиденды проекта будут повторно инвестироваться с процентной ставкой, равной этому IRR. Таким образом, мы можем полагать, что повторное инвестирование с IRR будет подразумеваемой характеристикой анализа IRR.

Таблица 5. Поток наличности для сберегательного банковского счета

ПАРАМЕТРЫ	ГОДЫ			
	0	1	2	3
Годовой CF со счета,\$	-150	0	0	0
Сумма в начале года для расчета интереса,\$		150	185.1	228.4
Интерес при норме 23.4% (IRR),\$		35.1	43.3	54.3

Таблица 6. Поток наличности при реинвестировании ежегодных дивидендов с IRR

ПАРАМЕТРЫ	ГОДЫ			
	0	1	2	3
Годовой CF от проекта,\$	-150	75	75	75
Сумма в начале года для расчета интереса,\$		0	75	167.5
Интерес при норме 23.4% (IRR),\$		0	17.6	39.2

Аргумент против этой неявной характеристики - то, что, если IRR – достаточно высока, то повторное инвестирование по этой норме может быть нереалистичным. Очевидно, что реинвестиционные возможности по очень высоким нормам обычно не существуют, т.к. они сделали бы определенную ранее величину IRR некорректной относительно норм возвращения инвестированного капитала из альтернативных инвестиционных вариантов. Некоторые авторы неправильно утверждают, что потребность в этом предположении делает IRR менее полезным в качестве критерия эффективности проектов. Однако, IRR проекта определяется непосредственно по собственным проектным потокам наличности и не зависит от любых реинвестиционных действий или норм. Оно не должно представлять собой реалистическую норму реинвестирования, чтобы служить критерием. Критерий IRR может использоваться только для того, чтобы обеспечить реальные сравнения и ранжирование инвестиционных возможностей независимо от предположений реинвестирования. Критерий выбора вариантов в данном случае очень прост: инвестиции являются стоящими если $IRR > MARR$. Не имеет значения, насколько велико различие; значение имеет только положительное различие.

Рост возвращения

Конечно, возможно повторно инвестировать дивиденды по некоторой внешней норме i' , но не по IRR. Это дает основу понятия темпов роста возвращения. Например, рассмотрим 3-летний инвестиционный поток наличности из предыдущего раздела этого приложения, но предположим, что дивиденды повторно инвестируются с 8 % нормой (см. таблицу 7).

Таблица 7. Поток наличности при реинвестировании ежегодных дивидендов с 8% нормой.

ПАРАМЕТРЫ	ГОДЫ			
	0	1	2	3
Годовой CF от проекта,\$	-150	75	75	75
Сумма в начале года для расчета интереса,\$		0	75	156
Интерес при норме 8%,\$		0	6	12.5
Сумма, доступная в конце года,\$		75	156	243.5

Значение IRR для потока наличности не изменилось; оно по-прежнему равно 23.4 %. Однако, так как ежегодные дивиденды повторно инвестируются с 8 % вместо 23.4 %, то полная будущая ценность ежегодных потоков наличности в этом случае (243.50 \$) - меньше чем ценность, рассчитанная в таблице 6 (\$281.80). Темп роста возвращения в этом случае - обычная процентная ставка, в которой начальные инвестиции (150 \$) должны были бы рассчитаны с помощью сложных процентов, чтобы привести к 234.50 \$, как будущей ценности в конце 3-х лет. Как и IRR, GRR был определен методом проб и ошибок. В этом случае, мы сможем найти, что GRR будет 17.5 %.

Показатель IRR может рассматриваться просто, как особый вид GRR. Отметьте, что повторное инвестирование дивидендов явно учитывается при определении GRR, тогда как оно может быть предположено неявным при определении IRR.

Учетная ставка и процентная ставка

Учетная ставка – это норма, используемая, чтобы обесценить будущие потоки наличности и определить сегодняшнюю ценность; она характеризует возможность затрат капитала для фирмы. Процентная ставка – это затраты на получение заемных средств; или

- процентная ставка, по которой банк предоставляет кредиты, она может или, не может отражаться на возможность затрат капитала для фирмы. Процентные ставки и учетные ставки могут или, возможно, не могут быть одинаковыми. Неправильно смешивать эти понятия.

Определение процентной ставки, которую банк назначает для специфического набора заемных средств, очень легко. Любой банк будет рад предоставить такую информацию. Определение соответствующей учетной ставки, чтобы оценить проект, предпринимаемый фирмой, более трудно. Определение возможных затрат капитала означает учет таких пунктов, как норма возвращения при альтернативных вариантах использования капитала, процент по заемным средствам, как этот процент может изменить данный уровень кредитования и характер выбранного проекта, ожидаемая норма инфляции, и (возможно) количество вовлеченного риска.

Средневзвешенные затраты капитала

Одна из главных проблем в проведении анализа потока наличности - выбор правильной учетной ставки. Одна из обычно используемых или предполагаемых к использованию учетных ставок известна как средневзвешенные затраты капитала (WACC). Эта норма признает, что существуют затраты собственных средств (СС), а также заемные средства (ЗС) и что отношения (debt:equity) ЗС/СС у фирм могут изменяться. Она также признает и осознает факт, что риск покупки акций фирм может быть разным. WACC вычисляется следующим образом:

$$WACC = \frac{D}{D+E} K_f + \frac{E}{D+E} K_e \quad (10)$$

Где:

D = пропорция ЗС для фирмы

E = пропорция СС

K_e = количество СС

K_f = сумма ЗС после вычета налогов

K_f = (1 - t)K_d, где t - применяемая налоговая ставка

K_d = сумма ЗС перед вычетом налогов

Стоимость СС в предыдущем уравнении может быть вычислена как

$$K_e = R_f + (R_k - R_f)\beta \quad (11)$$

Где:

R_f = возвращение на надежных ценных бумагах (типа Т - облигации)

R_k = среднее рыночное возвращение (полученное из коммерческого инвестиционного обзора, доступного в любой маклерской конторе или в большинстве библиотек)

β = систематический риск фирмы, или отношение изменчивости курса акций фирмы к изменчивости рынка (эта цифра может также быть получена от инвестиционного обзора),

Постоянные и текущие цены

Во времена инфляции, деньги, которые получены сегодня, но потрачены в будущем, будут иметь меньше покупательной способности. Это снижение вызвано денежно-кредитной, налоговой политикой или темпом роста экономики вообще. Цены могут также измениться во времени и при отсутствии инфляции просто в результате изменений спроса и предложения рассматриваемой продукции. Однако, чаще цены изменяются во времени и в результате инфляции, и в результате изменений соотношения спроса и предложения.

Чтобы выполнить качественный анализ потока наличности, мы должны вести все счета или

- (1) в текущих ценах, с учетом ежегодного роста инфляции, или
- (2) в постоянных ценах, с установленным базисным годом с помощью индекса.

Все составляющие потока наличности должны быть идентифицированы по тому, как они рассчитаны: в постоянных или текущих ценах. Точно так же должны использоваться постоянные или текущие учетные ставки, чтобы правильно определить величину потока наличности. Чаще других встречаемая ошибка в анализе DCF заключается в том, чтобы использовать инфляционную учетную ставку для оценки потока наличности в постоянных ценах; еще одна частая ошибка состоит в том, чтобы сравнивать IRR при постоянных ценах с текущими процентными ставками.

Исторически фирмы получали реальные вознаграждения в размере 3 - 4 % ежегодно или меньше. Однако, обычно мы видим в отчетах фирм вознаграждения и процентные ставки на уровнях 8 - 15 %. Эти более высокие нормы почти всегда учитывают некоторую долю инфляции. Все указанные процентные ставки - номинальные (то есть, включают инфляцию). Банк ожидает, что цена данной займы денег должна включать реальное вознаграждение плюс вознаграждение, связанное с риском, плюс ожидаемая инфляция. Поэтому, процентная ставка банка, ставки для облигаций (Казначейские, муниципальные или другие) и затраты фирмы для получения кредитов - всегда номинальные процентные ставки. Неправильно строить поток наличности на основании постоянных цен и затем использовать затраты фирмы на получение ссуды или любую коммерческую процентную ставку, как учетную ставку без предварительного удаления из нее компонента инфляции.

Номинальная процентная ставка имеет два компонента: один представляет реальную норму вознаграждения, другой - инфляцию. Поступая не строго правильно, мы часто складываем эти две части, чтобы получить инфляционную или номинальную ставку. Например, если реальная норма вознаграждения - 3 %, а инфляция - 7 %, то мы могли бы сложить их, чтобы получить номинальную ставку 10 %. Хотя такая операция дает почти правильные ответы, эффекты СС делают этот метод теоретически неправильным. Правильные отношения:

$$r = \frac{(1 + r')}{(1 + r'')} - 1 \quad (12)$$

Где:

r = реальная ставка, или ставка без инфляции

r' = номинальная или инфляционная ставка

r'' = темп инфляции

Это уравнение может быть переписано, чтобы найти r' :

$$r' = r + r'' + rr'' \quad (13)$$

Это уравнение показывает, что разница между формулой и простым сложением равна $-rr''$. Это различие является маленьким, если темп инфляции низок.

Как пример, рассмотрим следующие данные:

Год	0	1	2	3
CF, постоянные цены, \$	-100	50.00	100.00	100.00
CF, предполагая 3% инфляцию и игнорируя эффект налогов, текущие цены, \$	-100	51.50	106.09	109.27

Каков будет NPV для CF (постоянные цены) принимая $r = 6.00\%$? Используем $r = 6.00\%$ как учетную ставку. Тогда $NPV = 120.13$.

Каков будет NPV для CF (текущие цены) принимая $r = 6.00\%$ и $r'' = 3.00\%$? Вычислим $r' = 9.18\%$ и используем как учетную ставку. Тогда $NPV = 120.13$.

Мы можем также вычислить величины IRR, на основании предыдущих данных потока наличности, но мы снова должны учитывать инфляцию. Если мы используем

постоянный поток наличности, то мы получаем $IRR = 55.58\%$. Если мы используем текущий поток наличности, мы получаем текущий $IRR = 60.25\%$. Отметим, что, если мы используем этот последний IRR как номинальную норму, то мы можем вычислить реальную норму следующим образом:

$$r = \frac{1 + 0.6025}{1 + 0.060} - 1 = 55.58\%$$

Эта норма равняется IRR , полученной с использованием постоянного потока наличности. Поэтому мы всегда должны сравнивать одинаково рассчитанные критерии IRR на постоянном или на корректном текущем основании. Мы не можем смешивать их при сравнении.

Эффекты инфляции

Различие между проведением проектной оценки на постоянном или текущем основании может быть существенным, если поток наличности включает налоги, амортизацию, истощение, оборотный капитал и любой другой тип расходов или затрат, которые переносятся с одного года на следующие. Инфляция приводит к более высокой прибыли до уплаты налогов. Однако, такие статьи, как амортизация не затрагиваются инфляцией, т.к. капиталовложения уже были сделаны; они не увеличиваются в течение долгого времени. Это заставляет налогооблагаемую основу CF каждый год становиться выше, что вызывает более высокие налоги. Платеж большего количества налогов уменьшает ежегодные потоки наличности и приводит к более низкому значению NPV . Кроме того, инфляция уменьшает относительную величину оборотного капитала. Поэтому, результирующее влияние инфляции на потоке наличности - увеличение налогов, потеря покупательной способности оборотного капитала и уменьшение NPV .

Так как включение инфляции приводит к более точной оценке, может показаться неясным, почему оценки для постоянных цен вообще должны использоваться. Однако, есть множество серьезных оснований для этого:

1. Определение реальной ожидаемой нормы инфляции довольно трудно. Например, какова будет норма инфляции в России или Соединенных Штатах в 2020 году? Однако, использование информации об индексированных на инфляцию правительственных облигациях может помочь определить примерный размер инфляции, ожидаемой рынком.
2. Числа в инфляционном потоке наличности могут стать настолько большими, что можно потерять их истинный смысл по отношению к сегодняшним затратам. Например, разумная цена за уголь сегодня 36.29 \$/тонну. При 6%-ой инфляции, эта цена через 15 лет будет 87.09 \$/тонну даже при том, что за прошедшие 15 лет не было никакого изменения в реальной цене угля. Так как прогнозы сделаны на реальных изменениях в ценах и с учетом инфляции, то полученная цена 87.09 \$/тонну через 15 лет не дает аналитику (без дальнейших вычислений) никакой непосредственной информации, увеличилась, уменьшилась или осталась постоянной реальная цена угля. В этом отношении, включение инфляции делает более трудным для аналитика понимание внутренней сути потока наличности.
3. Расчет и анализ постоянного потока наличности производится легче и быстрее.
4. Несмотря на эти преимущества, аналитики чувствуют себя неловко, оценивая проект и используя безрисковую реальную учетную ставку 2 - 3 %, тогда как кредитные документы, который учитывают инфляцию и риск банка, показывают 12 %.

Использование множественных учетных ставок

Использование критерия NPV для оценки долгосрочных рискованных проектов приводит к двум главным проблемам:

1. Даже при том, что корпорации или общество могут предпочитать долгосрочные проекты более коротким, но дисконтированные ценности более поздних потоков наличности - по существу равны нулю.
2. Используя постоянную учитывающую риск учетную ставку, чтобы определить NPV, мы предполагаем, что уровень риска не будет изменяться в течение жизни проекта, хотя в действительности риск проекта обычно уменьшается после определенного момента времени.

Первая проблема подразумевает, что обычное дисконтирование, так или иначе, недооценивает долгосрочные проекты. Вторая - утверждает, что единственная учитывающая риск учетная ставка преувеличивает фактический риск, что снова недооценивает долгосрочные проекты. Эти проблемы особенно остры в минеральной промышленности, где обычны оценки рискованных, долгосрочных проектов.

Предложено множество решений этих проблем. Первое из них заключается в том, что надо использовать непостоянные учетные ставки, которые отражают уменьшение риска в течение долгого времени. Эта процедура имеет преимущество, так как риск почти всегда уменьшается, поскольку завершены более опасные ранние части проекта. Вопрос в том, какие учетные ставки должны использоваться, и когда надо переходить к использованию различных норм. Момент времени, когда весь инвестированный капитал плюс необходимая минимальная норма возвращения были получены, представляет собой один возможный пункт такого перехода для использования в расчете ориентировочного потока наличности. Процедура идентификации времени перехода к более низкой учетной ставке для определения NPV показана в Таблице 8. Если приспособленная к риску учетная ставка состоит из $MARR = 10\%$ плюс 5% , чтобы учитывать риск, то $r = 15\%$ и окончательный $NPV = 6.3$. Параметр IRR вычислен для конца каждого года. В конце года 4, расчетный IRR больше чем MARR, что указывает, что весь капитал плюс MARR был возвращен. В этом пункте, учетная ставка r понижена с 15% до 10% . Показатели PV потоков наличности вычислены, используя r , а сумма $PV = NPV = 14.8$. В этом примере, совершенно обоснованно можно использовать множественную учетную ставку и достигать более высокого NPV.

ПАРАМЕТР	ГОД					
	0	1	2	3	4	5
Поток наличности, \$	-100	32	32	32	32	32
IRR кумулятивный, %			-25	-2	11	18
Учетная ставка, %	15	15	15	15	10	10
Сегодняшний поток наличности с учетом r , \$	-100	27.8	24.2	21.0	21.9	19.9
MARR = 10%						
Риск = 5%						
Учетная ставка с учетом риска = 15%						
NPV при постоянной учетной ставке = 6.3\$						
NPV при переменной учетной ставке = 14.8\$						

Также возможно использовать отдельные учетные ставки для каждого компонента потока наличности, чтобы отразить различия в риске среди этих компонентов. Например, оборотный капитал имеет более низкий риск невозмещения, чем инвестированный капитал для оборудования (всегда возможно продать материальные запасы). Поэтому, есть причины, чтобы использовать более низкую учетную ставку, чтобы оценить сегодняшнюю ценность оборотного капитала в противоположность капиталу, используемому для закупки оборудования.

NPV-IRR, Конфликт ранжирования

Как обсуждалось в основном тексте этой книги, анализ IRR может дать другое ранжирование взаимно исключающих инвестиционных возможностей, чем анализ NPV. Вполне возможно, что для проекта с самым высоким NPV мы получим самое низкое возвращение на инвестициях, если IRR вычислен неправильно.

Пример характеристик NPV и IRR и изменений ранжирования проектной предпочтительности показан в Таблице 9. Для двух потоков наличности показаны три случая:

- неравные жизни проектов;
- неравные начальные инвестиции; и
- неравные жизни проектов + неравные начальные инвестиции.

Кроме того, таблица показывает воздействие неравного срока службы оборудования.

Таблица 9. Ранжирование проектов по NPV, IRR и В/С в различных неравных условиях

условия

ПОКАЗАТЕЛЬ	ГОД						NPV,\$	IRR,%	B/C
	0	1	2	3	4	5			
Неравная жизнь проекта									
CF1*	-100	50	50	50	50	50	80.24	41.04	1.80
CF2	-100	65	65	65	0	0	56.12	42.57	1.58
Расчет CF2*									
CF2	-100	65	65	65	0	0	56.12	42.57	1.58
CFr	0	0	0	-65	0	81.54	0.00	12.00	1.00
CF2*	-100	65	65	0	0	81.54	56.12	36.31	1.56
Неравные начальные инвестиции									
CF1*	-100	50	50	50	50	50	80.24	41.04	1.80
CF2	-50	35	35	35	35	35	76.17	64.12	2.52
Расчет CF2*									
CF2	-50	35	35	35	35	35	76.17	64.12	2.52
CFa	-50	0	0	0	0	88.12	0.00	12.00	1.00
CF2*	-100	35	35	35	35	128.12	76.17	33.78	1.76
Неравная жизнь проекта и неравные инвестиции									
CF1*	-100	50	50	50	50	50	80.24	41.04	1.80
CF2	-50	45	45	45	0	0	58.08	72.45	2.16
Расчет CF2*									
CF2	-50	45	45	45	0	0	58.08	72.45	2.16
CFr	0	0	0	-45	0	56.45	0.00	12.00	1.00
CFa	-50	0	0	0	0	88.12	0.00	12.00	1.00
CF2*	-100	45	45	0	0	144.57	58.08	30.08	1.58
Неравные сроки службы оборудования (А – 5 лет, В – 1 год)									
А	-50	15	15	15	15	15	4.07	15.24	1.08
В	-10	13	0	0	0	0	1.61	30.00	1.16
		-10	13						
			-10	13					
				-10	13				
					-10	13			
Сумма В	-10	3	3	3	3	13	6.49	30.00	1.65

Примечания:

MARR = предполагаемым затратам капитала = 12%. Все потоки наличности – в \$.

CF1* - первый поток для проекта с более длинной жизнью или более высокими инвестициями

CF2 - второй поток без подгонки на уменьшение срока жизни проекта

Все потоки наличности обесценены по той же самой минимальной приемлемой норме возвращения, которая, для простоты, равняется возможным затратам капитала (opportunity cost of capital - OCC). Это предполагает, что OCC остается неизменным, независимо от того, какой предпринят проект. В первых трех случаях, сравнение CF1* и CF2 показывает, что CF1* имеет выше NPV, но ниже IRR. Отношение В/С больше для CF1* в случае неравной жизни проекта, но ниже для других двух случаев. Различные результаты ранжирования для указанных критериев, показаны в таблице 9 для потоков CF1* и CF2, однако они просто отражают факт, что потоки наличности CF2 не корректны для того, чтобы определять IRR в целях сравнения. Во всех трех случаях были нарушены одно или оба теоретических требования для того, чтобы корректно вычислять и сравнивать величины IRR.

Первое нарушение - то, что все инвестиции, которые будут сравниваться с помощью IRR, должны иметь равные продолжительности жизни проекта. Практически, это редко имеет место; таким образом, как показано в таблице 9, должны быть сравнены полные потоки наличности этих двух инвестиций за один и тот же отрезок времени. Так как CF2 заканчивается в году 3, то мы должны учесть доход, который был бы получен в годах 4 и 5 в результате инвестиций в CF2. Например, 65 \$, полученные в году 3, можно было бы повторно инвестировать как OCC в течение следующих 2 лет. Это дает CF2*, который в этом случае может быть правильно сравнен с CF1*. Как показывает таблица 9, NPV и отношение В/С для CF2* - то же самое что и для CF2, но IRR отличаются. Как только мы учтем дополнительные 2 года, то ранжирование IRR для CF1* и для CF2* будет то же самое, как и ранжирование для NPV. Отметим, что может быть возможным повторно вложить капитал в третий проект в течение 2-летнего периода с различными потоками наличности и различным OCC. Тем не менее, важным является то, что IRR для более короткого проекта должен быть определен, учитывая повторное инвестирование в течение остающегося времени, независимо от того, могут ли быть для этого возможности.

Второе нарушение связано с тем, что все проекты, которые будут сравнены на основе IRR, должны иметь равные начальные инвестиции. Так как два проекта редко имеют те же самые начальные инвестиции, то мы должны предположить, что различие в начальных инвестициях будет применено к третьей инвестиционной возможности. Например, в случае неравных начальных инвестиций в таблице 9, CF1* и CF2 имеют инвестиции 100 \$ и 50 \$, соответственно. Если мы помещаем 100 \$ в CF1*, но только 50 \$ в CF2, то мы должны учесть доход от остающихся 50 \$, которые не доинвестированы в CF2. Это будет объединенный поток наличности CF2 и поток альтернативных инвестиций, которые должны быть сравнены с CF1*. Если непотраченные 50 \$ будут инвестироваться в 5-летние облигации под 12.00 %, то в конце пятого года будет получен поток наличности 88.12 \$. Затем он добавляется к CF2, чтобы произвести CF2*, который может в этом случае должным образом быть сравнен с CF1*. Как показывает таблица 9, ранжирование IRR для CF1* по сравнению с CF2* будет то же самое, как и для NPV. Отметим, что было бы возможно инвестировать непотраченные 50 \$ в любое количество других возможных вариантов инвестиций в течение 5-летнего периода. Результирующий IRR (так же как NPV) может быть больше или меньше чем для CF2*, в зависимости от распределения потоков наличности от альтернативных инвестиций. Снова повторим, что важным является то, что мы должны учесть непотраченные 50 \$ инвестиций при сравнениях 2-х потоков наличности, независимо от того, куда эти 50 \$ инвестируются.

Таблица 9 также показывает вариант сравнения и неравных жизней проекта, и неравных начальных инвестиций. Те же самые только что описанные принципы, применяются и в этом случае. Важным является то, что, для проекта с более короткой

жизнью и меньшими начальными инвестициями, непотраченный капитал нужно инвестировать в отдельную возможность, а деньги, полученные в течение более короткого проекта нужно повторно инвестировать в течение последующих 2-х лет.

В конце таблицы 9 показано воздействие на сравнение проектов неравных сроков службы оборудования. Было бы неправильно сравнивать оборудования, которое имеет срок службы 5 лет, с тем, которое выполняет ту же самую работу, но имеет срок службы 1 год. Например, как показано в Таблице 9, при сравнении вариантов использование $NPV = 1.61$ для единицы оборудования с коротким сроком службы является некорректным. Скорее должно быть сравнено $NPV = 6.49$ для пяти единиц с 5-летним сроком службы с $NPV = 4.07$ для долговечной части оборудования. Этот пример иллюстрирует необходимость сравнения проектов, которые обеспечивают идентичные услуги на основе их сроков службы, а не жизней их проектов.

Определение приращений IRR

Везде по тексту книги были сделаны многочисленные ссылки относительно определения возрастающего (приращений - incremental) IRR и его использования для достижения того же самого ранжирования проектов как при NPV. Следующий пример показывает шаги, требуемые для вычисления такого IRR и отбора на этом основании самого благоприятного проекта.

Требования капитала (I0) и равные ежегодные доходы (PMT) для каждого из пяти взаимно исключающих проектов показаны в таблице 10. Все проекты длятся в течение 20 лет, и $MARR = 5\%$. Величина NPV каждого проекта равняется сегодняшней оценке (PV) прибыли минус I0. Потоки наличности для вычисления IRR каждого проекта также показаны в таблице 10. Ранжирования пяти проектов отличаются для NPV и IRR.

Таблица 10. Определение растущего IRR: ввод и расчет NPV и IRR.

ПАРАМЕТРЫ	ПРОЕКТЫ				
	A	B	C	D	E
Капитал, I0, \$	4620	2420	6380	990	9350
PMT, \$	704	440	825	132	880
PV дохода, \$	8773	5483	10281	1645	10967
NPV	4153	3063	3901	655	1617
IRR	14.2	17.5	11.5	11.9	7.0
Ранг по NPV	1	3	2	5	4
Ранг по IRR	2	1	4	3	5
Ранг по I0	3	2	4	1	5
ПОТОК НАЛИЧНОСТИ:	ГОДЫ				
	0	1	2	3	20
CF A, \$	-4620	704	704	704	704
CF B, \$	-2420	440	440	440	440
CF C, \$	-6380	825	825	825	825
CF D, \$	-990	132	132	132	132
CF E, \$	-9350	880	880	880	880

Таблица 11 показывает ранжирование проектов в порядке возрастания значений I0. Этот ряд определяет порядок пошаговых сравнений, которые последовательно делаются между парами проектов, чтобы определить возрастающий IRR.

Таблица 12 показывает процедуру определения возрастающего I0, возрастающего PMT, и возрастающего IRR. Процедура состоит из выбора двух проектов, один защищающийся, а другой претендент, чтобы определить победителя, на основании того, у кого больше разница возрастающего IRR и MARR. Процесс начинается определением проекта с самым низким I0, чтобы быть защитником и проектом со следующим самым

высоким I_0 , который является претендентом. Значения приращения (Δ) определяются вычитанием значений претендента от значений защитника. Например, ΔI_0 для претендента В и защитника D равны $2\,420 - 990 = 1\,430$. ΔPMT вычисляется аналогично. ΔIRR определяется, созданием нового потока наличности вычитанием потока наличности проекта D из проекта В.

Таблица 11. Ранжирование в порядке возрастания инвестиций

ПАРАМЕТРЫ	ПРОЕКТЫ				
	D	B	A	C	E
Капитал, I_0 , \$	990	2420	4620	6380	9350
PMT, \$	132	440	704	825	880
PV дохода, \$	1645	5483	8773	10281	10967
NPV	655	3063	4153	3901	1617
IRR	11.9	17.5	14.2	11.5	7.0
Ранг по NPV	5	3	1	2	4
Ранг по IRR	3	1	2	4	5
Ранг по I_0	1	2	3	4	5

Таблица 12. Расчет приращений величин и определение проекта - победителя

ПАРАМЕТРЫ	ПРИРАЩЕНИЯ				
	В - D	A - B	С - А	Е - А	
ΔI0, \$	1430	2200	1760	4730	
ΔPMT, \$	308	264	121	176	
ΔIRR,%	21.1	10.3	3.2	-2.7	
Победитель	В	А	А	А	
Проигравший	D	В	С	Е	
ПОТОК НАЛИЧНОСТИ:	ГОДЫ				
	0	1	2	3	20
CF В – CF D, \$	-1430	308	308	308	308
CF А – CF В, \$	-2200	264	264	264	264
CF С – CF А, \$	-1760	121	121	121	121
CF Е – CF А, \$	-4730	176	176	176	176

Приращение IRR для B-D равно 21.1 %, что больше чем MARR. Это означает, что приростные инвестиции и прибыль делают проект В предпочтительным по сравнению с проектом D в этом первом туре сравнений. Проект В теперь становится основным для следующего претендента, которым является проект А.

Приращение IRR для А-В также больше чем MARR, что означает, что проект А, предпочтительнее, чем проект В во втором раунде сравнений. Проект А теперь становится основным для следующего претендента, которым является проект С.

В этом третьем туре сравнения приращение IRR для С-А - меньше чем MARR, что означает, что проект А снова выиграл по сравнению с проектом С. Подобный вывод сделан и в последнем сравнении, для которого приращение IRR для Е-А также меньше чем MARR.

Результат этих пошаговых сравнений приращений IRR состоит в том, что проект А оказался предпочтительным чем все другие проекты. Те же самые результаты, возможно, будут получены, просто сравнивая величины NPV.

Как видно, этот процесс использования приращений IRR приводит к тому же самому ранжированию, что и для NPV, но он очень громоздкий, и его результаты являются банальными. Как было объяснено предварительно в этом приложении, те же самые

результаты могут быть получены с меньшими затратами времени и большим пониманием, придерживаясь основных теоретических требований анализа потока наличности.

Литература

1. Thomas F. Torries. Evaluating Mineral Projects., 1998 Society for Mining, Metallurgy, and Exploration, Inc
2. She, P. 1995. Benefits and Limitations of Inflation Indexed Treasury Bonds. Federal Reserve Board of Kansas City Economic Review. The Federal Reserve Board of Kansas City, 3rd quarter:41-56.

Приложение 3. Положение о звании Геолог Европы

1. ПРЕАМБУЛА

Национальная(ые) Ассоциация(и) или другие организации, которые входят в Европейскую федерацию геологов, прилагают все усилия, чтобы содействовать признанию звания Геолог Европы.

2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ

Звание Геолог Европы является гарантией качества услуг по различным специализациям в области геологии.

3. КВАЛИФИКАЦИЯ

Звание Геолог Европы может быть присвоено обладателям законно признанного диплома или свидетельства в области геологии (в общем понимании, а также включая геофизику и минералогию).

Кандидат на звание Геолог Европы должен являться членом одной из Национальных Ассоциаций, входящих в ЕФГ. Кандидат должен доказать, что он отвечает минимальным требованиям – обладает восьмилетним опытом учебы и практической работы.

За этот восьмилетний срок кандидат должен был:

- пройти не менее чем 4-летний курс обучения и успешно завершить учебу в высшем учебном заведении (в университете или аналогичном учебном заведении)
- иметь доказательства получения не менее чем 4-летнего практического опыта (или 1 год специализации и 3 года практического опыта).
если степень присваивается через 3 года, то всего требуется 10 лет обучения и профессионального практического опыта.

4. ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ОРГАНИЗАЦИИ, ДЕЙСТВУЮЩИЕ ЗА ПРЕДЕЛАМИ ЕВРОПЫ

Совет ЕФГ может также признать в качестве ассоциированных членов представительные профессиональные геологические организации неевропейских стран, с которыми заключены соглашения, основанные на взаимности.

Кандидаты, не являющиеся представителями европейских стран и не находящиеся в Европе, должны представить свидетельства профессиональных связей с Европой, например, не менее чем 3-летний профессиональный опыт работы в Европе, участие в научно-исследовательских проектах в Европе, образование в области геонаук, полученное в Европе, не менее чем 3-летнее членство в Национальной Ассоциации, являющейся членом ЕФГ, и т.д.

При рассмотрении заявлений Международный Лицензированный Орган (как указано в пункте 8.1) принимает во внимание наличие соглашений, основанных на взаимности,

заключенных между ЕФГ и Ассоциированными Членами.

5. ЗНАЧЕНИЕ ЗВАНИЯ И СВЯЗАННЫЕ С НИМ ОБЯЗАТЕЛЬСТВА

Звание Геолог Европы является знаком качества, поддерживаемым Европейской федерацией геологов.

Обладатели звания должны следовать требованиям Кодекса профессиональной этики, утвержденного Европейской федерацией геологов.

Звание Геолог Европы не имеет правового статуса и не влечет за собой никаких прав на работу в любой из стран Европы.

В тех случаях, когда обладатель звания нарушает требования Кодекса профессиональной этики, прекращает платить годовые взносы или решает самовольно отказаться от звания или выйти из членства в Национальной Ассоциации или другой организации, его/ее имя будет вычеркнуто из Реестра Геологов Европы, он/она не сможет больше использовать соответствующие буквенные обозначения, и должен (должна) будет вернуть Федерации свидетельство о присвоении звания, удостоверение и значок.

6. ЗВАНИЕ

6.1 ПРАВО СОБСТВЕННОСТИ И ПОРЯДОК ПРИСВОЕНИЯ ЗВАНИЯ

Европейская федерация геологов является законным владельцем звания Геолог Европы.

Звание присваивается Советом Федерации и может быть отозвано этим органом после получения такого предложения от Национальной Ассоциации или иных организаций, входящих в Федерацию, по требованию одного из членов Национальной (ых) Ассоциации(й) или других организаций.

Любой геолог, являющийся членом Национальной Ассоциации, которая является полноправным или ассоциированным членом Федерации, может обратиться с заявлением о присвоении этого звания.

6.2 СВИДЕТЕЛЬСТВО, УДОСТОВЕРЕНИЕ И ЗНАЧОК

Звание Геолог Европы является персональным и не подлежит передаче. Звание подкрепляется свидетельством, подготовленным Лицензированным Органом, как указано в разделе 8 данных Положений, и является подтверждением того, что лицо, которому присвоено это звание, отвечает требованиям, предъявляемым к обладателям звания Геолог Европы.

В свидетельстве содержится следующая информация:

- логотип ЕФГ.
- ☐ название Федерации (на трех официальных языках).
- официальный адрес Федерации.
- ☐ ФИО профессионального геолога без указания гражданского статуса (г-на, г-жа, и т.д.)
- ☐ регистрационный номер Геолога Европы
- ☐ дата присвоения звания
- ☐ подпись Президента ЕФГ и уполномоченного представителя Лицензированного Органа.
- ☐ печать с логотипом ЕФГ

Запись в реестре ЕФГ, после уплаты установленного взноса дает, право зарегистрированному члену называться Геологом Европы на языке Национальной Ассоциации и использовать буквенные обозначения *Eur.Geol.* или *EurGeol.* (Геол.Евр. или Евр.Геол.).

Кроме того, будет выдано «удостоверение личности», в котором будут содержаться

следующие данные:

- Имя и фамилия обладателя звания
- Регистрационный номер (номер Геолога Европы)
- Дата присвоения звания
- Фотография
- Подпись владельца
- Логотип ЕФГ

Удостоверение должно быть возвращено, если оно больше не является действительным или по требованию Лицензированного Органа.

Выдается также значок с эмблемой ЕФГ.

6.3 РЕЕСТР ГЕОЛОГОВ ЕВРОПЫ

Европейская федерация геологов ведет реестр всех Геологов Европы.

В реестр вносятся ФИО и регистрационный номер каждого Геолога Европы и данные, удостоверяющие Лицензированный Орган, ответственный за подготовку к присвоению и поддержанию звания.

Лицензированные Органы ведут реестр Геологов Европы, закрепленных за этими органами. Реестр включает ту информацию, которая требуется Лицензированному Органу для выполнения своих обязанностей, как указано в разделе 8 настоящий Положений.

Лицензированный Орган регулярно предоставляет информацию в Офис Федерации, обеспечивая ведение Реестра Геологов Европы.

Архивы зарегистрированных заявлений и решений о присвоении звания хранятся в офисе Лицензированного Органа и содержат следующие документы:

- Заявление.
- Оригиналы или заверенные копии всех представленных дипломов и свидетельств.
- ☐ Документ, содержащий перечень учебных дисциплин и полученные отметки.
- Перечень документов, представленных кандидатом и подтверждающих его/ее профессиональный опыт (стажировка, полученные свидетельства, и т.д.), подготовленный кандидатом.
- (1) Свидетельства участия в Программе непрерывного повышения квалификации ЕФГ (Continuous Professional Development program - CPG) или (2) подписанное заявление о желании принять участие в программе не позднее даты подачи заявления, или свидетельства участия в программе непрерывного повышения квалификации, осуществляемой национальной ассоциацией и признаваемой Европейской федерацией геологов. ☐
- ☐ Подписанное согласие с требованиями Кодекса профессиональной этики ЕФГ
- Отчет Проверочной Комиссии Лицензированного Органа (как указано в разделе 8) на английском, французском или испанском языках, подкрепляющий правильность сведений, указанных кандидатом в заявлении.
- Отчет Лицензированного Органа, принявшего или отклонившего заявление, вместе с копией уведомления, направленного кандидату, и в Национальную Ассоциацию или другие организации, являющиеся членами ЕФГ.

7. РЕГИСТРАЦИЯ И РЕГИСТРАЦИОННЫЙ ОРГАН

Звание Геолог Европы присваивается Советом ЕФГ в соответствии с правилами, установленными ЕФГ, и через Регистрационный Орган. Допускается электронное голосование Совета ЕФГ с целью ускорения проведения процедуры голосования.

Совет ЕФГ может делегировать право присвоения звания Правлению. Задачей Регистрационного Органа является Обеспечение Качества и Контроль Качества соответствующих органов и процедур, связанных с присвоением звания Геолог Европы.

Регистрационный Орган должен:

- ☐ предлагать Совету Европейской федерации геологов те Национальные Ассоциации, которые отвечают требованиям, предъявляемым к Лицензированным Органам, рассматривающим заявления на присвоение звания Геолог Европы Советом ЕФГ, такие лицензии выдаются на срок до пяти лет;
- разрабатывать и поддерживать нормы и критерии для Геолога Европы;
- ☐ разрабатывать и поддерживать критерии и инструкции для органов, стремящихся к получению статуса лицензированных;
- проводить проверку органов, выдвигающих кандидатуры, и устанавливать условия для продления лицензии;
- не допускать злоупотреблений в использовании буквенного обозначения EurGeol (ЕврГеол);
- ☐ поддерживать работу аппарата таким образом, чтобы обеспечить передачу дел в лицензированные органы, рассмотрение дел, не входящих в компетенцию лицензированных органов, и рассмотрение апелляций по решениям лицензированных органов;
- принимать к сведению решения лицензированных органов по дисциплинарным делам и принимать соответствующие меры;
- ☐ предлагать Совету ЕФГ назначать аудиторов в целях обеспечения добросовестной и эффективной работы самого Регистрационного Органа;
- ☐ вести регистрацию и публиковать реестр;
- давать рекомендации Совету ЕФГ по вопросам, связанным с присвоением звания
- Что касается самих Лицензированных Органов, то Регистрационный Орган должен осуществлять проверку:
 - ☐ соответствия устава Лицензированного Органа;
 - соответствия структуры управления Лицензированного Органа с точки зрения порядка проведения аттестации;
 - ☐ строгости соблюдения порядка проведения оценки Лицензированным Органом;
 - соответствия кодекса поведения и дисциплинарных процедур Лицензированного Органа;
 - соблюдения Лицензированным Органом правил, позволяющих избежать конфликта интересов при проведении аттестации.

Регистрационный орган (подчиняющийся Совету ЕФГ) должен состоять из трех голосующих членов, назначенных Советом ЕФГ, при этом, по крайней мере, один из них должен быть членом Национального Лицензированного Органа. Все члены Регистрационного Органа должны обладать званием Геолог Европы;

- ☐ Председатель;
- два рядовых члена.
- Генеральный секретарь ЕФГ выполняет обязанности Секретаря Регистрационного Органа и не обладает правом голоса.

Члены Регистрационного Органа назначаются сроком на три года, этот срок один раз может быть продлен еще на три года.

Рекомендация, выданная Регистрационным Органом Совету ЕФГ - не лицензировать какую-либо из Национальных Ассоциаций - может быть обжалована в следующем порядке:

(a) Национальная Ассоциация, которая не удовлетворена рекомендацией Регистрационного Органа, должна обратиться с письменным уведомлением к Генеральному Секретарю ЕФГ в течение двадцати восьми (28) дней с момента появления такой рекомендации, с изложением существа дела.

(b) Совет, за исключением делегатов, которые являются членами Регистрационного Органа, и делегатов, которые представляют заинтересованную Национальную Ассоциацию, рассматривают обращение и принимают по нему решение в те сроки и в том месте, которые будут определены Президентом ЕФГ. Заинтересованная Национальная Ассоциация получит возможность выступить со своим мнением в процессе рассмотрения ее обращения.

(c) При рассмотрении обращения Советом в сокращенном составе и при принятии решения о том, утверждать или не утверждать рекомендацию Регистрационного Органа, Совету в сокращенном составе должны быть предоставлены протоколы заседаний Регистрационного Органа, включая все необходимые доказательства и свидетельства.

(d) Совет в сокращенном составе должен принять решение по обращению в виде обычной резолюции, Совет может либо утвердить рекомендацию Регистрационного Органа, либо принять решение о ее изменении.

(e) Решение, принятое Советом в сокращенном составе, является окончательным.

8. ЛИЦЕНЗИРОВАННЫЕ ОРГАНЫ

8.1 МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЛИЦЕНЗИРОВАННЫЙ ОРГАН

Международный лицензированный орган, как правопреемник бывшего Регистрационного Комитета, действует в качестве Лицензированного Органа для всех Национальных Ассоциаций, которые не отвечают условиям, позволяющим им стать Лицензированными Органами или которые сами не изъявляют желания становиться таковыми.

В состав Международного Лицензированного Органа входят три члена с правом голоса, назначенные Советом ЕФГ, при этом, по крайней мере, один из них должен быть членом Национального Лицензированного Органа. Все члены Международного Лицензированного Органа должны быть обладателями звания Геолог Европы.

Международный Лицензированный Орган рассматривает заявления с просьбой о присвоении звания Геолог Европы.

Для получения звания через Международный Лицензированный Орган кандидат должен представить заявление в Национальную Проверочную Комиссию, назначенную соответствующей Национальной Ассоциацией, которая и несет расходы, связанные с работой Проверочной Комиссии.

В состав Национальной Проверочной Комиссии входит три члена, все они должны обладать званием Геолог Европы, и одного из них назначают Председателем Комиссии.

Система проверки строится в соответствии с требованиями раздела 10.

После рассмотрения каждого заявления Проверочная Комиссия должна представить рекомендации Президенту и Совету Национальной Ассоциации относительно того, должно ли быть принято или отклонено заявление, вместе с обоснованием такого решения. Если рекомендация о принятии поддерживается Советом Национальной Ассоциации, Национальная Ассоциация направляет два экземпляра заявления в Международный Лицензированный Орган с рекомендацией о присвоении звания Геолог Европы.

Один экземпляр заявления остается в архиве Национальной Ассоциации.

Положения о национальной Проверочной Комиссии, имена и адреса членов Проверочной Комиссии должны быть доведены до сведения Международного

Лицензированного Органа. Положения о национальной Проверочной Комиссии должны быть утверждены Регистрационным Органом.

В случае, если при оценке заявления возникают трудности, член Международного Лицензированного Органа может воспользоваться помощью соответствующего эксперта из своей Национальной Ассоциации, предпочтительно, эксперта обладающего званием Геолог Европы.

Не позднее одного месяца после получения заявления председатель Международного Лицензированного Органа, с учетом мнения двух других членов, должен составить для Совета ЕФГ; или, если Совет ЕФГ делегирует это право Правлению, то для Правления, рекомендации относительно того, принять или отклонить рассматриваемое заявление. В случае, если рекомендуется принять заявление, и такая рекомендация утверждается Советом/Правлением, персонал офиса ЕФГ приступает к подготовке свидетельства, удостоверения и значка, которые отправляют по почте сразу же после оплаты специального сбора за звание.

ЕФГ присваивает звание Геолог Европы после того, как свидетельство, подписанное Президентом ЕФГ и Председателем Международного Лицензированного Органа, успешно пройдет через Проверочную Комиссию и Международный Лицензированный Орган, и будут оплачены все необходимые сборы. Свидетельство составляется на английском языке.

Международный Лицензированный Орган направляет ежегодный отчет о проделанной работе обладателям звания Геолог Европы, в Правление ЕФГ, в Совет ЕФГ и в Регистрационный Орган.

8.2 НАЦИОНАЛЬНЫЙ ЛИЦЕНЗИРОВАННЫЙ ОРГАН

Национальные Ассоциации, которые являются полноправными членами ЕФГ, могут обратиться в Регистрационный Орган для получения лицензии на рассмотрение заявлений с просьбой о присуждении звания Геолог Европы

Долгосрочной задачей Федерации является достижение такого положения, когда все Национальные Ассоциации будут обращаться за лицензией, чтобы стать лицензированным органом.

Национальный Лицензированный Орган должен:

- Учредить национальную проверочную комиссию для рассмотрения заявлений с просьбой о присвоении звания Геолог Европы;
- Готовить документацию для заявления, включая правила и инструкции для кандидатов;
- инструктировать кандидатов, консультантов и поручителей;
- инструктировать экспертов, проводящих собеседование и инспекторов, оценивающих кандидатов;
- публиковать критерии оценки и проводить оценку учебных заведений с позиции признания за ними права выдавать соответствующие дипломы (в случаях, касающихся некоторых органов, на уровне диплома о высшем образовании), а также судить об уровне поучаемого там образования;
- подтверждать заявленную кандидатами квалификацию путем изучения оригиналов дипломов и свидетельств или нотариально заверенных копий этих документов, или же путем проверки сведений в организациях, выдавших дипломы или свидетельства; - оценивать в условиях офиса заявленный кандидатом профессиональный опыт и достигнутый уровень компетентности путем изучения заполненных бланков заявлений и отчетов поручителей;
- устанавливать порядок действий в случае рассмотрения нестандартных заявлений и обеспечивать равенство возможностей;
- в тех случаях, когда это необходимо, проводить независимые профессиональные собеседования;

- требовать от кандидата заявления, подтверждающего точность сведений, представленных в бланке заявления;
- требовать от кандидата заявления о том, что он обязуется соблюдать требования кодекса поведения;
- консультировать физических лиц по вопросам доступа к механизмам обжалования отказа в присвоении звания;
- вести реестр Геологов Европы;
- осуществлять регистрацию заявлений, подтверждающих документов и документации с изложенной аргументацией по принятым решениям;
- подготавливать свидетельства о присвоении звания Геолог Европы с указанием номера и проставленной печатью;
- обеспечивать программы непрерывного повышения квалификации (CPD);
- поддерживать кодекс поведения и разъяснять нормы профессиональной этики;
- поддерживать механизмы дисциплинарного воздействия, используемые в случае заявления о нарушении норм профессиональной этики;
- обеспечивать физическим лицам доступ к механизмам обжалования в случае применения дисциплинарных санкций;
- своевременно предоставлять сведения, которые позволят Регистрационному Органу вести точные записи;
- ежегодно отчитываться о проделанной работе перед обладателями звания Геолог Европы, Советом ЕФГ и Регистрационным Органом.
- Оказывать содействие продвижению звания Геолог Европы EurGeol (ЕврГеол).

9. ПОРЯДОК ПОДАЧИ И РАССМОТРЕНИЯ ЗАЯВЛЕНИЯ

Для получения звания кандидаты должны направлять свои заявления в Национальную Проверочную Комиссию.

Национальная Проверочная Комиссия назначается Национальной Ассоциацией, независимо от того, будет ли кандидат далее действовать через Международный или через Национальный Лицензированный Орган.

Расходы на обеспечение деятельности Проверочной Комиссии покрываются за счет Национальной Ассоциации, независимо от того, является ли она Лицензированным Органом или не является.

Национальная Проверочная Комиссия формируется как минимум из трех членов, один из которых назначается в качестве Председателя.

В тех случаях, когда Национальная Ассоциация не назначает Национальную Проверочную Комиссию и не имеет лицензии, позволяющей выдвигать кандидатов на звание Геолог Европы, у члена Ассоциации есть два возможных способа получить это звание:

- Он/она обращается в Национальный Лицензированный Орган через свою Национальную Проверочную Комиссию;
- Он/она может обратиться непосредственно в Международный Лицензированный Орган, который выполняет в этом случае задачи Национальной Проверочной Комиссии.

Геологи Европы, которые получили свое звание в соответствии с одной из предложенных схем, могут переносить свое членство в свою Национальную Ассоциацию в том случае, если она становится лицензированной.

10. НАЦИОНАЛЬНАЯ ПРОВЕРОЧНАЯ КОМИССИЯ

Система проверки для каждого Лицензированного Органа должна охватывать, по крайней мере, следующие пункты:

1. Подтверждение уплаты соответствующих сборов и взносов.

2. Подтверждение соответствия документов минимальным требованиям и представления кандидатом всех необходимых документов.
3. Оценка записей и отчетов кандидатов/поручителей.
4. Оценка компетентности и опыта в областях геологии, указанных кандидатом по информации, содержащейся:

- а) по меньшей мере в двух профессиональных отчетах, представленных в Национальную Проверочную Комиссию или рассмотренных Национальной Проверочной Комиссией (или рассмотренных специально назначенными проверяющими);
- б) в перечне подготовленных и находящихся в общем доступе отчетов;
- с) в перечне опубликованных работ по геологии.

5. Представление рекомендаций руководству Международного или Национального Лицензированного Органа по предложению о присвоении звания, направляемому в Совет ЕФГ.

Имена и фамилии Геологов Европы должны быть указаны в публикуемых национальных списках.

Кандидат на присвоение звания должен быть членом ассоциации, входящей в ЕФГ. В том случае, если он/она покидает ряды Национальной Ассоциации после того, как ей/ему уже было присвоено звание Геолог Европы, он/она лишается этого звания.

По просьбе кандидатов их Национальные Ассоциации должны предоставить им:

- 1. Бланки заявления на присвоение звания, «Реестр обладателей звания Геолог Европы», заполненный на французском, испанском или, предпочтительно, на английском языке.
- 2. Устав ЕФГ.

Заявления можно подавать в любое время.

Порядок указания звания - перед именем или после него - определяется Национальной Ассоциацией.

11. ВЗНОСЫ И СБОРЫ

Величина сборов за подачу заявления с просьбой о присвоении звания Геолог Европы определяется Советом ЕФГ.

В первый год работы Национальной Ассоциации в качестве Национального Лицензированного Органа, сборы за подачу заявлений могут быть временно отменены, чтобы способствовать привлечению к подаче заявлений на присвоение звания большего числа членов Ассоциации.

Величина годовых регистрационных взносов за сохранение звания определяется Советом ЕФГ.

Лицензированный Орган может удерживать 15% от суммы годовых регистрационных взносов, а остаток суммы должен перечисляться Казначейу ЕФГ не позднее июня каждого года. Удерживаемая сумма взносов может быть увеличена до 30%, если 30% профессиональных членов зарегистрированы в качестве обладателей звания Геолог Европы.

В целях поощрения Национального Лицензированного Органа в пропагандировании звания Геолог Европы величина удерживаемой суммы может возрастать на 0,15% за каждый 1% роста численности таких членов свыше указанного 30% минимума.

Национальные Ассоциации и Международный Лицензированный Орган через Секретариат в Париже должны информировать Правление ЕФГ каждые 3 месяца о количестве заявлений, ожидающих решения.

12. ВОЗОБНОВЛЕНИЕ РЕГИСТРАЦИИ ЗВАНИЯ

Возобновление регистрации звания Геолог Европы осуществляется через

соответствующий Лицензированный Орган при условии подтверждения обладателем звания своего непрерывного участия в программах непрерывного повышения квалификации, осуществляемых ЕФГ, или в национальных программах непрерывного повышения квалификации, а также уплаты годового взноса. Лицензированный Орган должен обеспечить отправку уведомления, выставление счета члену ЕФГ и перечисление соответствующих сумм на счет офиса ЕФГ.

Имя Геолога Европы, чья задолженность по выплате взносов сохраняется в течение 12 месяцев, будет вычеркнуто из реестра Лицензированным Органом после того, как по почте ему будет отправлено уведомление на указанный адрес, и ему не будет разрешено использовать это звание или позиционировать себя в этом качестве.

13. СОГЛАШЕНИЕ ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ВОЗМОЖНОСТЕЙ

В целях поощрения сотрудничества между Национальными Ассоциациями, развития солидарности и корпоративного духа, а также достижения целей и задач ЕФГ все Национальные Ассоциации к пришли к следующему соглашению:

Звание Геолог Европы дает право его обладателю воспользоваться определенными возможностями каждой Национальной Ассоциации по соглашению с Ассоциацией.

- Уровень доступа к таким возможностям определяется каждой Национальной Ассоциацией и обеспечивается при условии наличия удостоверения личности. □

Звание Геолог Европы не дает его обладателю никаких иных прав, кроме тех, которые указаны выше. Для получения доступа ко всему спектру услуг, предоставляемых Национальной Ассоциацией, Геолог Европы должен обратиться с просьбой о регистрации членства в Национальной Ассоциации, в порядке, установленном для оформления членства в Национальной Ассоциации.

14. ВЗАИМНОЕ ПРИЗНАНИЕ

Звание Геолог Европы является документально подтвержденным профессиональным признанием во всех ассоциациях, являющихся членами ЕФГ. Все ассоциации - члены ЕФГ признают, что любой обладатель звания автоматически считается национальным геологом в любой из стран-членов ЕФГ в пределах правовых рамок и компетенции, которой обладает каждая Национальная Ассоциация в своей стране. В тех случаях, когда Национальная Ассоциация является организацией, которая занимается вопросами признания иностранных званий, признание звания Геолог Европы происходит автоматически. В тех случаях, когда она является лишь вспомогательной структурой официального органа, отвечающего за признание званий, ее рекомендации должны быть в пользу признания, и в них должно быть явное указание на то, что заявитель является обладателем звания Геолог Европы.

IV. НЕПРЕРЫВНОЕ ПОВЫШЕНИЕ КВАЛИФИКАЦИИ

Непрерывное повышение квалификации ("CPD") – это систематические усилия по поддержанию, совершенствованию и расширению знаний и умений, а также развитие личных качеств, необходимых для выполнения профессиональных и технических обязанностей в течение всего периода своей практической деятельности.

Геологи Европы ответственно относятся к своей профессии, поддерживая и развивая свои способности и умения практикующих специалистов, будучи привержены принципам непрерывного повышения квалификации. Непрерывное повышение квалификации способствует обеспечению качества результатов профессиональной деятельности и является ценной инвестицией как самих физических лиц, так и их работодателей. Оно обеспечивает базу для персонального развития и, помимо этого, повышает уровень качества выполняемой в настоящее время работы сверх самых высоких требований и подготовку к продвижению по карьерной лестнице или к смене работы.

Европейская федерация геологов реализует схему обязательного непрерывного

повышения квалификации для Геологов Европы, которая предусматривает ведение официального учета участия в программах непрерывного повышения квалификации, а также обязательное прохождение 100-часового курса обучения в течение любого трехлетнего периода. Геологи Европы должны направлять официальный отчет о своем участии в программах непрерывного повышения квалификации Генеральному Секретарю один раз в три года, и если их отчет отвечает требованиям схемы, им выдается свидетельство о непрерывном повышении квалификации. Непрерывное повышение квалификации – это то, что свойственно всем профессионалам – такая схема позволяет получить официально признанный документ об участии в программах непрерывного повышения квалификации.

Преимущества, которые дает официальное участие в программах непрерывного повышения квалификации

- Официально подтвержденная запись о прохождении курса обучения для самого обучающегося или для предъявления потенциальному работодателю или клиенту
- Базу для определения и планирования получения дальнейших знаний, умений и/или навыков

Что засчитывается как непрерывное повышение квалификации (CPD)

Учеба, которая помогает вам более эффективно выполнять ваши текущие или будущие профессиональные обязанности, например:

- Обучение без отрыва от производства, в тех случаях, когда конкретные результаты обучения уже определены и запланированы
- Официальное прохождение курса обучения и участие в конференциях с подготовкой докладов, выступлениями и обычные исследования с присуждением официально признанных наград.
- Индивидуальное обучение, включая заочные курсы, курсы открытых университетов, и другие формы дистанционного образования
- Руководящая или организационная работа в научных обществах или профессиональных организациях
- Профессиональная деятельность, связанная преподаванием или наставничеством
- Индивидуальное чтение, включая информированность о текущих публикациях

Nota Bene (важное примечание): области изучения, предусмотренные схемой непрерывного повышения квалификации, охватывают не только геонауки, но также и более широкие профессиональные области и важные навыки и умения (например, предпринимательство, экономическая деятельность, управление, информационные технологии, языковые навыки и умения, навыки преподавания и передачи знаний), которые будут способствовать повышению уровня качества выполняемой работы в настоящее время или помогут подготовиться к продвижению по карьерной лестнице.

Схема непрерывного повышения квалификации (CPD)

Непрерывное повышение квалификации является обязательным для всех обладателей звания Геолог Европы. ЕФГ предлагает схему, которая приведена ниже в качестве образца с минимальными требованиями, на который могли бы ориентироваться Национальные Ассоциации при разработке своих схем, адаптированных к местным условиям и практике.

Существенные особенности:

- Признание работодателями и профессиональными организациями всего спектра компонентов схемы непрерывного повышения квалификации – от официальных курсов до индивидуального обучения
- Ваш краткий итоговый отчет о повышении квалификации за год – оно становится составной частью свидетельства о непрерывном повышении квалификации
- Выдача свидетельства о непрерывном повышении квалификации, 100 часов за

три года

Прилагаемые далее таблицы предназначены для ведения записей, касающихся непрерывного повышения квалификации. В качестве альтернативы можно использовать бланки, выданные работодателем или соответствующей профессиональной организацией.

Эффективное непрерывное повышение квалификации требует систематичности и внимания к мелочам. Следует определить конкретные задачи и составить План действий для достижения поставленных целей наиболее оптимальным способом.

Схема непрерывного повышения квалификации должна предусматривать 100 часов подготовки в течение трехлетнего отчетного периода.

Таблицы для записей о непрерывном повышении квалификации

Обо всех действиях, связанных с непрерывным повышением квалификации, в течение года необходимо делать соответствующие записи. Если используются прилагаемые таблицы:

- в первую таблицу вносятся записи об официальных формах обучения, например, посещение курсов, участие в конференциях, заседаниях или исследованиях с получением признанных свидетельств и наград.
- во вторую таблицу вносятся записи обо всех остальных видах непрерывного повышения квалификации, например, учеба без отрыва от производства, работа в профессиональных организациях, неофициальные индивидуальные формы обучения.

КОДЕКС ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ЭТИКИ

ПРЕАМБУЛА

Геология является наукой, которая изучает состав, структуру, ресурсы, историю и эволюцию Земли, а также области применения этой науки. Практическая геология является профессией для тех, кто обладает необходимой квалификацией и/или профессиональным опытом, признаваемым соответствующими национальными организациями или признаваемыми в соответствии с законом, и кто зарабатывает себе на жизнь в основном за счет этого вида деятельности.

Основные принципы

1. В соответствии с данным Кодексом все геологи в своем профессиональном поведении должны руководствоваться нормами и духом следующих положений, чтобы не нанести ущерба достоинству профессии.
2. Привилегия – заниматься такой профессиональной областью как геология - требует соблюдения высочайших норм честности, морали, профессиональной сознательности и моральной ответственности.
3. Геолог несет ответственность за то впечатление, которое он создает о профессии у окружающих и у всего общества в целом.
4. Геолог обязан соблюдать профессиональную тайну и сохранять конфиденциальность в отношении третьих лиц.

Отношения с другими геологами

5. В своих отношениях с коллегами, работодателями и третьими лицами геолог должен руководствоваться правилами лояльности и честности. В частности, он не должен распространять информацию, которая может дискредитировать кого-либо из его коллег.
6. Геолог не должен связывать свое имя с чем-либо таким, что является ложью, он также не должен заключать каких-либо соглашений, которые могут нанести ущерб положению его клиента.

Отношения с клиентами

7. Геолог всегда должен информировать своего клиента о реальных пределах

тех практических результатов, которые могут быть получены от его профессиональной помощи, особенно, если это предполагает увеличение издержек, которые понесет клиент.

8. Геолог должен избегать любого рода небрежности в своей практической профессиональной работе, особенно в тех случаях, когда это влечет за собой риски или материальный и моральный ущерб для клиента или для окружающей среды.
9. Геолог не должен искажать или отрицать существование фактов или технических и научных сведений, оказывая тем самым любезность клиенту или вводя в заблуждение общественность.
10. Геолог не должен обещать или широко распространять конкретные профессиональные советы, которые не подкреплены реальными объективными возможностями, и не должен рекламировать профессиональную квалификацию, которой он на самом деле не обладает, с целью удержать своего клиента от контактов с другими коллегами-специалистами.
 - Геолог должен обращаться сам или советовать обратиться за содействием к другим специалистам, если в этом случае интересы его работодателя или его клиента благодаря такому содействию будут соблюдаться наиболее рациональным образом. В своих выводах он должен видеть различие между своей собственной работой и работой своих коллег.
 - Если после того, как он предоставил консультацию, геолог обнаруживает, что его советам следуют не полностью, он должен, независимо от своей должности, проинформировать соответствующее лицо о предполагаемых рисках.
11. Геолог не должен брать на себя функции эксперта в тех областях, которые не входят в его компетенцию, и консультировать кого-либо из своих постоянных клиентов или кого-либо из тех, кто уже получал его консультации.

Применение данного Кодекса

12. Данный Кодекс профессиональной этики касается всех геологов, входящих в профессиональные ассоциации, которые являются членами Европейской федерации геологов
13. Он должен соблюдаться во всех странах, в которых геологи ведут практическую деятельность, как это определено Положением 12, приведенным выше.
14. Если рекомендуемый Кодекс профессиональной этики уже существует на местном уровне, геолог должен соблюдать его, при условии, что рамки и нормы этого Кодекса не уступают рамкам и нормам данного Кодекса.

Страны – члены Европейской федерации геологов

Бельгия, Чешская Республика, Финляндия, Франция, Германия, Венгрия, Исландия, Ирландия, Италия, Люксембург, Нидерланды, Польша, Португалия, Словакия, Словения, Испания, Швейцария, Швеция, Великобритания.

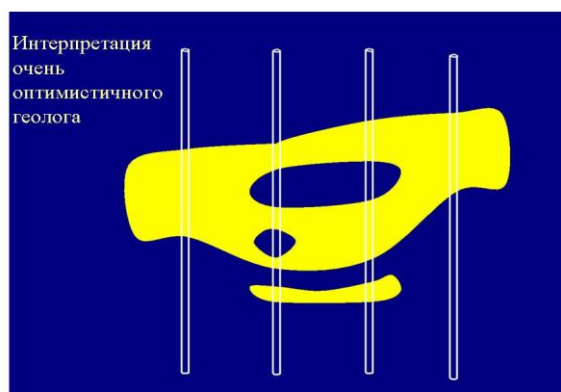
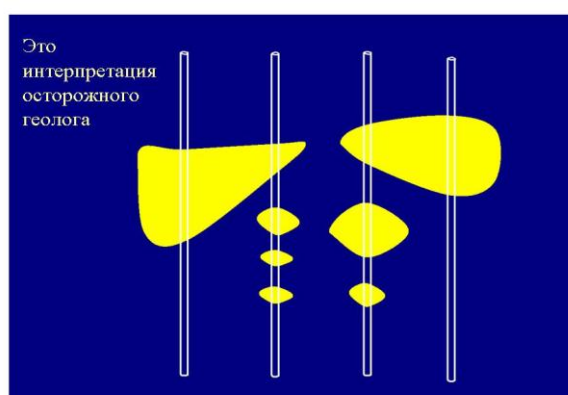
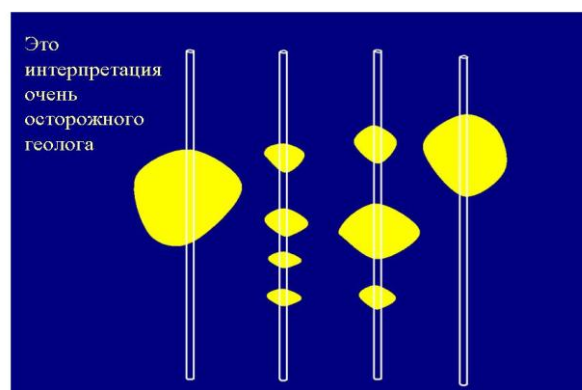
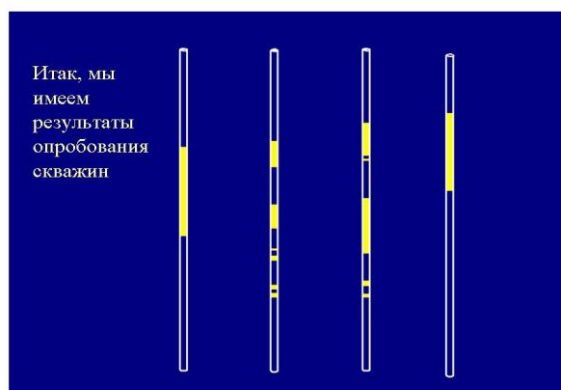
Ассоциированный член

США

Наблюдатели

Австрия, Болгария, Канада, Греция, Норвегия, Турция

Приложение 4. Примеры геологической интерпретации





Приложение 5. Обзор эквивалентности допускаемого риска и определенности [1]

Многие инвесторы сказали бы, что концепция ожидаемой ценности, которая взвешивает финансовые последствия проекта их вероятностями, естественно принимает во внимание риск. Однако, риск лица, принимающего решение, - это функция не только распределения вероятности наличия запасов или финансовых затрат, но также и величины капитала, имеющего шанс быть потерянным. Теоретически использование критерия ожидаемой ценности для принятия решения подразумевает, что лицо, принимающее решения (или фирма), полностью беспристрастны к деньгам и величинам потенциальной прибыли и потерь.

Предположим два проекта А и В с одинаковой ожидаемой ценностью (12 млн. \$), но понятие ожидаемой ценности не в состоянии адекватно взвесить шанс очень большой финансовой потери для фирмы.

Проект А имеет 20% шанс получить (выиграть) 100 млн. \$ и 80% шанс потерять 10 млн. \$, а проект В имеет равные (50%) шансы получить 40 млн. \$ или потерять 16 млн. \$. В самом строгом смысле, используя правило ожидаемой ценности, лицо, принимающее решения, должно было бы быть безразличным между проектами А и В. Однако, большинство инвесторов с готовностью признало бы, что "риск", связанный с каждым из этих проектов весьма отличается. Хотя проект В имеет достаточно высокую вероятность успеха (0.50), но структура платежей значительно менее привлекательна, чем в проекте А. Концепция ожидаемой ценности неадекватна в измерении компромиссов между потенциальным и неопределенным верхним пределом прибыли и нижним пределом потерь для отдельных проектов. Традиционные критерии оценки, типа NPV, IRR, или ожидаемой ценности, могут привести к некорректному выбору среди конкурирующих рискованных инвестиций.

Теория предпочтений и эквивалентность определенности

Проблема с анализом, который приводит к вероятностной оценке инвестиционных возможностей, состоит в том, что для лица, принимающего решение, может оказаться трудным использование вероятностной информации при выборе самого благоприятного проекта среди группы альтернативных инвестиций. Если результаты вероятностного анализа приводят к большому количеству информации, то использование теории предпочтений помогает правильно и последовательно интерпретировать эти результаты. Другими словами, вероятностный анализ дает результаты, которые должны интерпретироваться для эффективного использования. Инструмент для такой интерпретации известен как эквивалентность уверенности (определенности).

Теория предпочтений позволяет нам построить функцию, которая характеризует связь риска инвестора с диапазоном возможных финансовых результатов. Одна из форм такой функции, которая является доминирующей и в теоретической и прикладной деятельности в областях теории принятия решения и финансов, - это показательная функция, которая имеет форму

$$U(x) = -e^{-x/RT} \quad (1)$$

где:

RT - коэффициент терпимости к риску

x - денежная переменная

Эквивалент уверенности Cx равен ожидаемой ценности проекта минус скидка на риск. Скидка определяется на основании показательной функции коэффициентом терпимости риска (RT) для инвестора и характеристиками риска (распределение вероятности результатов) инвестиционной возможности. Для дискретных распределений вероятности проектов A и B математическое выражение для эквивалента уверенности (Cx) имеет следующий вид:

$$Cx = -RT \ln \left(\sum_{i=1}^n p_i e^{-x_i / RT} \right) \quad (2)$$

где:

pi = вероятность результата i

xi = ценность результата i

n = общее количество возможных результатов

В рассмотренном выше примере инвестор теоретически должен быть безразличным между проектами A и B, принимая во внимание их равную ожидаемую ценность. Однако на основании эквивалента уверенности, который учитывает отношение инвестора к финансовому риску, он скорее всего одобрит проект, который имеет более высокий эквивалент уверенности. Например, для инвестора (или фирмы) с RT = 100 миллионов \$, уравнение 2 показывает, что проект A имеет эквивалент уверенности Cx = 7.2 миллионов \$, в то время как проект B имеет более высокую уверенность, эквивалентную 8.1 миллионов \$. В этом случае инвестор предпочел бы проект B проекту A. Однако, другой более несклонный к риску инвестор с коэффициентом терпимости риска только 33 миллиона \$ предпочел бы проект A (Cx = 1.8 миллиона \$) проекту B. (Cx = 1.4 миллиона \$). В отличие от анализа ожидаемой ценности, оценка эквивалента уверенности делает ясное различие между "рисками", связанными с каждым из этих проектов. Оценка Cx измеряет компромисс между потенциальной и неуверенной верхней прибылью и возможными потерями в зависимости от склонности инвестора к риску. Кроме того, критерий Cx явно определяет относительные величины капитала, который можно потерять для каждого из проектов, и относительную величину предпочтения инвестора к неопределенным финансовым последствиям.

Оценка эквивалента уверенности также обеспечивает руководство для фирмы в части определения величины диверсификации и разнообразия риска. В отличие от анализа ожидаемой ценности, который дает результат для решения типа "все или ничего", оценка Cx помогает лицу, принимающему решения, в отборе соответствующего уровня участия в проекте, совместимого со склонностью фирмы к риску. Уровень участия представляет собой процент от стоимости проекта, который инвестор может принять. Другие инвесторы, совместно участвующие в проекте, принимают на себя остающееся финансирование. Выбор правильного уровня процента участия - один из способов управления риском при обращении с опасным проектом. На рисунке 1 изображена

зависимость оценки эквивалента уверенности для проектов А и В при различных уровнях участия для инвестора с коэффициентом терпимости к риску 25 миллионов \$.

Для каждого проекта, есть оптимальный уровень участия при данной терпимости инвестора к риску. В данном случае, оба проекта имеют оптимум приблизительно = 40 %. Отметьте также, что при уровнях участия до 60 %, инвестор может предпочесть любой проект. Однако, для уровней участия, больше чем 60 %, проект А - доминирующая альтернатива. Большое значение в этом анализе имеет то, что инвестор получает формальное средство измерения ценности диверсификации. Отметьте, например, что эквивалент уверенности для любого проекта при оптимальном уровне участия (40 %) значительно больше, чем сумма эквивалентов уверенности для обоих проектов при 100%-ом участии. Также отметьте, что участие, больше чем 90 % в проекте В имеет отрицательный эквивалент уверенности, что подразумевает, что этот проект становится слишком опасен для инвестора.

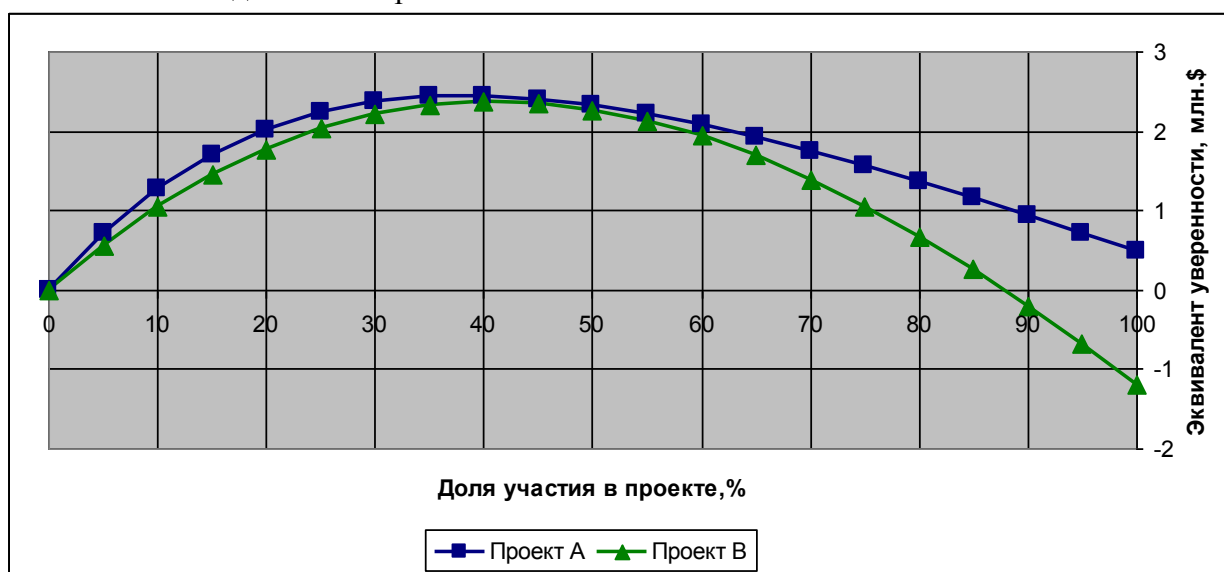


Рисунок 1.

Понятие коэффициента терпимости риска

Прогрессом в области теории предпочтений является использование генетических предположений при измерении предпочтения человека или организации к риску. Одно из таких предположений - использование ранее упомянутой показательной функции, чтобы рассмотреть широкий диапазон корпоративного предпочтения риска. В расчете эквивалента уверенности, коэффициент терпимости риска имеет значительный эффект при оценке опасного проекта. Поэтому, важно иметь некоторое интуитивное понимание этой меры склонности к риску.

Интуитивное понятие риска включает в себя и саму неопределенность и величины вовлеченных долларовых ценностей. Центральная проблема, связанная с измерением терпимости инвестора к риску, предполагает оценку компромисса между потенциальными прибылью и потерями. Отношение инвестора к величине капитала, который он может потерять - важный компонент этого анализа.

Коэффициент терпимости риска определяется на основании оценки обстоятельств, при которых инвестор имеет равную возможность получения определенного количества денег или потери половины этого количества. Например, имеется 3 лотереи с равными вероятностями (50%) выигрыша и потерь. Лотерея 3 предлагает равную возможность победы 30 миллионов \$ или потери 15 миллионов \$. Инвестор, который рассматривает эти инвестиции как слишком опасные, отклонил бы это. Другими словами, эквивалент уверенности инвестора, S_x , для этой лотереи был бы отрицательным. Лотерея 1 предлагает равную возможность выиграть 20 миллионов \$ или потерять 10 миллионов \$.

Решение инвестора участвовать в лотерее 1 означает, что компромисс последствий риска, связанный с этой лотереей, приемлем для инвестора с данной склонностью к риску. Эта повторяющаяся процедура продолжается до тех пор, пока мы не найдем такую лотерею, где инвестор будет безразличным к равной возможности выигрыша определенной суммы или потери половины этой суммы. В этом примере, эта сумма - 25 миллионов \$, и она характеризует терпимость инвестора к риску. Учитывая безразличие инвестора к результатам, лотерея 2 имеет для него эквивалент уверенности 0 \$.

Связь предпочтения инвестора к риску с решениями об опасных инвестициях обеспечивает более значащую интерпретацию склонности инвестора к риску. Измерение терпимости к риску, как было только что описано, обеспечивает инвестора необходимой информацией и служит достаточно близким приближением к теоретической терпимости риска. Это позволяет инвестору использовать 2 для любого опасного проекта, вычислить эквивалент уверенности фирмы, и сделать более здравые сравнения опасных проектов на денежно-эквивалентной основе.

Определение эквивалента уверенности из вероятностного DCF

Рассмотрим два проекта, А и Б, с вероятностными кумулятивными распределениями NPV полученными с помощью моделирования Монте Карло (Рис.2). Наибольший проигрыш проекта А может быть - 40 000 \$, а наибольший выигрыш - 120 000 \$. Проект В имеет низкую вероятность существенной потери (10 000 \$), но также и низкую вероятность существенной прибыли (максимум 40 000 \$). Средняя ценность - 20 000 \$ для каждого проекта. Цель состоит в том, чтобы определить, какую ценность инвестор присвоит этим 2-м проектам, и какой проект является предпочтительным. Ответы зависят от отношения инвестора к риску.

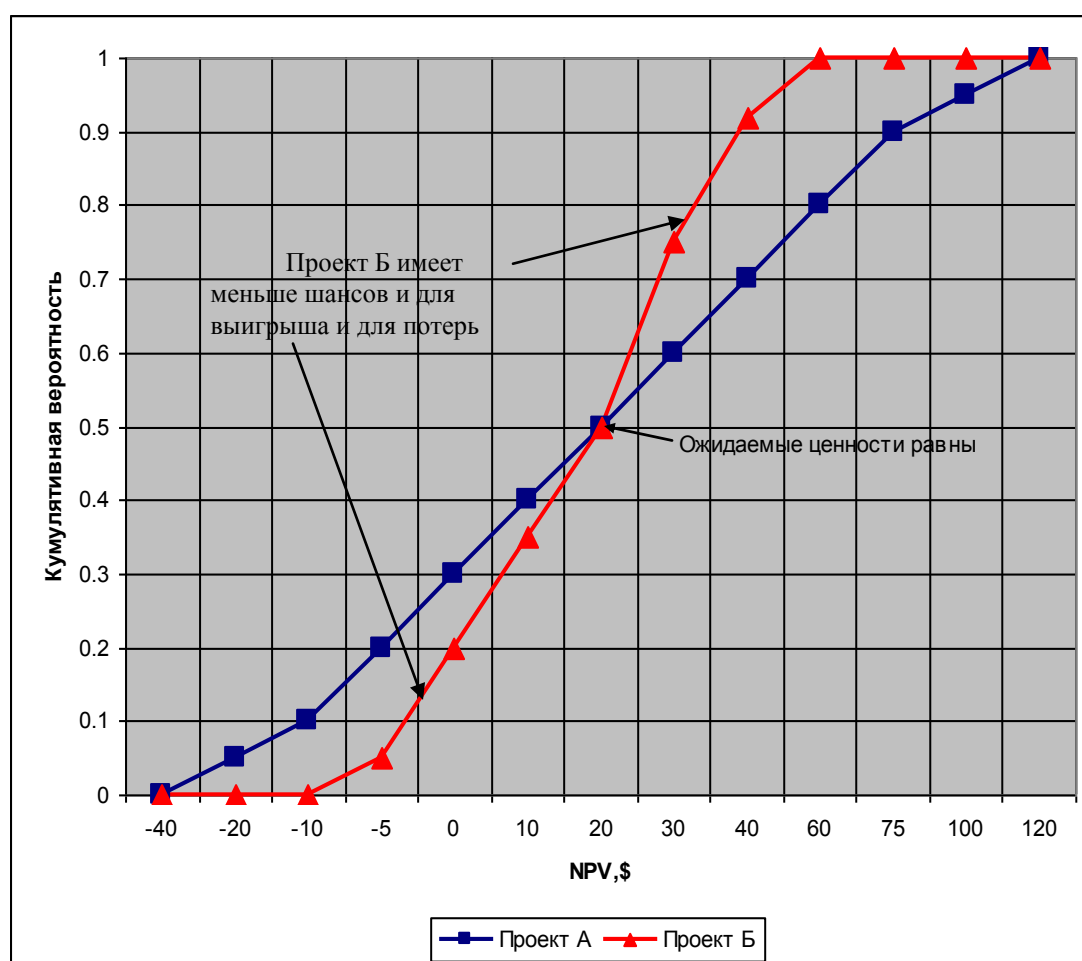


Рисунок 2. (Значения NPV приведены в тысячах \$).

Инвестор, который не склонен к риску, связанному с потерей данной суммы денег, независимо от потенциальных выгод, отклонит соответствующий проект. С другой стороны, другой инвестор с большими активами может быть рад предпринять тот же самый проект. Вероятностный анализ в этом случае обеспечивает одинаковую информацию двум различным инвесторам, которые судят о достоинствах проекта по-разному из-за их различного восприятия имеющегося риска.

Предположим использование эквивалента уверенности, S_x , и коэффициента терпимости к риску RT инвестора, чтобы оценить эти две инвестиционных возможности. Рисунок 2 показывает вероятностное распределение результатов оценок для проектов А и Б. Эти распределения должны быть преобразованы к дискретным вероятностям так, чтобы S_x для этих проектов можно было определить для любой величины RT . Для этой цели использован подход, известный, как метод равных вероятностей, В этом примере распределение вероятности (не кумулятивное распределение) для каждого проекта разделено на пять интервалов, т.к. пять - обычно используемое число, чтобы оценить дискретные величины. Каждый из интервалов имеет единственную представительную точку, которая используется для определения вероятности появления каждого интервала ($p = 0.20$ для каждого из пяти интервалов), чтобы вычислить эквивалент уверенности для проектов с различными значениями RT . Таблица 1 показывает дискретные вероятности значений, определенных для обоих проектов. Эти дискретные значения и вероятности используются затем, чтобы вычислить ожидаемые ценности и величины S_x для проектов А и Б с различными величинами RT . Ожидаемые ценности - 25 000 \$ для проекта А и 17 600 \$ для проекта В. Соотношения между RT и S_x в показаны в таблице 2 и на рисунке 3.

Таблица 1. Дискретные кумулятивные вероятности значений, определенных для обоих проектов методом равных вероятностей.

Проект А, интервалы,	Проект А, средняя точка, тыс.\$	Проект Б, интервалы, тыс.\$	Проект Б, средняя точка, тыс.\$	Вероятность
(-40) – (-5)	-10	(-20) – 7	3	0.2
(-5) - 10	0	7 - 18	12	0.2
10 - 30	20	18 – 22	20	0.2
30 - 60	40	22 - 26	24	0.2
60 - 125	75	26- 40	29	0.2

Примечание: Ожидаемая оценка проекта А – \$25,000, проекта Б - \$17,600

Таблица 2. Значения S_x для различных величин RT

RT, тыс.\$	Сх для проекта, тыс.\$	
	А	Б
0.05	-9.92	3.08
10	2.56	13.20
20	9.08	15.42
30	12.88	16.15
40	15.29	16.52
50	16.93	16.74
60	18.10	16.89
70	18.98	19.99
80	19.67	17.07
90	20.22	17.13
100	20.66	17.17

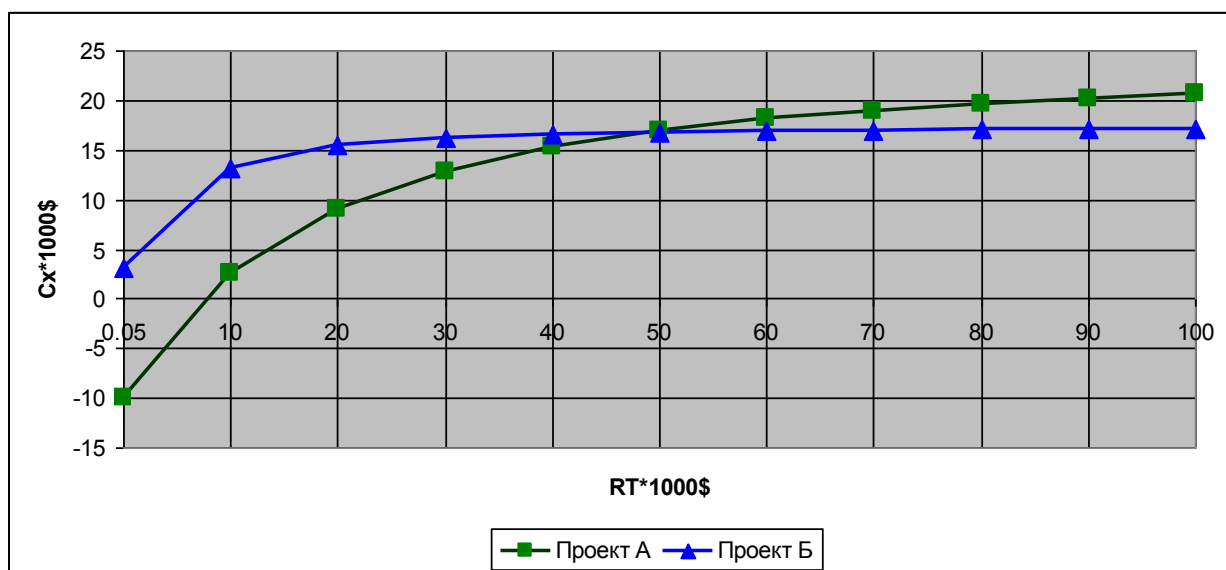


Рисунок 3.

Из рисунка 3 видно, что проект Б предпочтителен чем проект А, пока инвестор имеет терпимость к риску меньше чем 45 000 \$. Инвесторы с большей терпимостью риска выбрали бы проект А. Фигура также указывает на цены, которые инвестор желал бы заплатить за проекты. Если инвестор имеет терпимость к риску 20 000 \$, то он желал бы заплатить 15 420 \$ за проект В и только 9 080 \$ за проект А. Однако, инвестор с терпимостью риска 5 000 \$ желал бы платить только 3 080 \$ за проект В и ничего за проект А.

Как было упомянуто ранее, ожидаемые ценности проектов А и В, определенные моделированием Монте Карло, составляют 25 000 \$ и 17 600 \$, соответственно. Однако, только инвестор с терпимостью к риску 200 000 \$ (величина, весьма высоко оценивающая размер инвестиций) пожелал бы заплатить суммы, равные этим ожидаемым ценностям. Это демонстрирует, что любой инвестор, возможно, не сможет оплатить ожидаемые ценности этих проектов. Кроме того, ожидаемая ценность для проекта А больше чем для проекта В, что теоретически указывает, что проект А более желателен. Однако, этот пример показывает, что для любого инвестора не очевиден выбор проекта А, а не проекта В. Таким образом, количество инвестиций, которое инвестор помещает в проекты, зависит не от ожидаемых ценностей этих проектов, а от вероятностного распределения ценностей и отношения инвестора к риску.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	1
1. СПЕЦИФИКА ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА И СТРАТЕГИЯ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ	2
1.1. МИНЕРАЛЬНЫЕ РЕСУРСЫ И ОСОБЕННОСТИ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА.....	2
1.2. РАЗВИТИЕ ГОРНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ [3]	4
1.2.1. Краткая история развития горных информационных технологий (ГИТ)	5
1.2.2. Характеристика интеграционных процессов	6
1.2.3. Стимулы развития ИТ	9
1.2.4. Интегрированное Решение.....	11
1.2.5. Преимущества использования горных ИТ	12
1.3. ЭТАПЫ РАЗВИТИЯ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ	14
1.4. ОСНОВЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ	20
1.4.1. Общее описание процесса оценки [5]	20
1.4.2. Пользователи информации об оценке проектов	22

1.4.3.	Особенности инвестиционных решений по минеральным проектам	23
1.4.4.	Типы оценок проектов	26
1.4.5.	Конечные продукты оценки проекта	29
1.4.6.	Динамическая природа оценки проекта	31
1.5.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ТЕРМИНЫ И ПОНЯТИЯ, ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ В ОЦЕНКЕ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ	34
1.5.1.	Основные понятия	34
1.5.2.	Основные экономические термины и понятия, используемые в планировании и оценке горных проектов	35
1.6.	ЛИТЕРАТУРА	41
2.	ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОЦЕНКИ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ	41
2.1.	КЛАССИФИКАЦИЯ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ	41
2.1.1.	Общие принципы	41
2.1.2.	Геостатистические методы	45
2.1.3.	Развитие мировых стандартов сообщений о ресурсах/запасах [4]	50
2.2.	ОСНОВНЫЕ ПРИНЦИПЫ ОЦЕНКИ РУДНЫХ ЗАПАСОВ [5]	55
2.2.1.	Критерии определения рудных запасов	55
2.2.2.	Качество оценки запасов руды	56
2.2.3.	Управление запасами в производстве. Контроль качества руды (Grade Control)	59
2.3.	УСЛОВНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ	61
2.3.1.	Геостатистическое условное моделирование	61
2.3.2.	Условные модели	62
2.3.3.	Экспериментальная оценка изменчивости рудопотока на обогатительную фабрику. 64	
2.3.4.	Условное моделирование в системе Датамайн	66
2.3.5.	Пример использования УМ для анализа проектного риска [6]	68
2.4.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПЛАНИРОВАНИЯ ГЕОЛОГОРАЗВЕДОЧНЫХ РАБОТ [7]	74
2.4.1.	Введение	74
2.4.2.	Неразрабатываемые месторождения	76
2.4.3.	Стратегия капитальных вложений и развития проекта.	80
2.5.	ФАКТОРЫ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ В ОЦЕНКЕ МИНЕРАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ [8]	83
2.5.1.	Неопределенность оценки тоннажа	84
2.5.2.	Неопределенность в оценке содержаний	85
2.5.3.	Неопределенность определения конечного продукта	86
2.5.4.	Неопределенность горного планирования и экономических условий	87
2.5.5.	Возможные решения	87
2.6.	АУДИТ ПРАВИЛЬНОСТИ (DUE DILIGENCE) ОЦЕНКИ РЕСУРСОВ И ЗАПАСОВ [9,10]	89
2.6.1.	Достоверность и представительность опробования	90
2.6.2.	Плотность или частота опробования	92
2.6.3.	Точность анализов	92
2.6.4.	Геологические отчеты, интерпретация и модель месторождения	93
2.6.5.	Оценка ресурсов	94
2.7.	ЛИТЕРАТУРА	96
3.	ОПТИМИЗАЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНА ОТРАБОТКИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ	96
3.1.	ВВЕДЕНИЕ	96
3.2.	ОПРЕДЕЛЕНИЕ (ОПТИМИЗАЦИЯ) ГРАНИЦ ОТКРЫТЫХ ГОРНЫХ РАБОТ	97
3.3.	ОПТИМИЗАЦИЯ ЭТАПОВ ОТРАБОТКИ ЗАПАСОВ МЕСТОРОЖДЕНИЯ	112
3.4.	ОПТИМИЗАЦИЯ КАЛЕНДАРНОГО ПЛАНА ГОРНЫХ РАБОТ	115
3.5.	ОПТИМИЗАЦИЯ ГРУЗОПОТОКОВ КАРЬЕРА	118
3.6.	ДОПОЛНЕНИЕ РУДНЫХ СКЛАДОВ В СИСТЕМУ РУДОПОТОКОВ	121
3.7.	ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ И БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ	123
3.8.	ОЦЕНКА РИСКА НЕПОДТВЕРЖДЕНИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	126
3.9.	ПОНЯТИЕ ОБ ОПТИМИЗАЦИИ ПОСТАВОК РУДЫ ИЗ НЕСКОЛЬКИХ ИСТОЧНИКОВ	128
3.10.	ПОДЗЕМНЫЕ ГОРНЫЕ РАБОТЫ	128
3.10.1.	Оптимизация извлекаемых запасов руды	129
3.10.2.	Оптимизация последовательности отработки	150
3.10.3.	Проектирование подземного рудника	155
3.10.4.	Календарный план горных работ	163
4.	БОРТОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ И МЕТОДЫ ЕГО ОПТИМИЗАЦИИ	167
4.1.	ВВЕДЕНИЕ	167

4.1.1.	Используемые обозначения.....	167
4.1.2.	Исходные замечания	168
4.2.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ	169
4.3.	ОГРАНИЧЕННЫЕ РЕСУРСЫ И PRESENT VALUES.....	172
4.4.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ.....	178
4.5.	ОГРАНИЧЕНИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИХ БС.....	181
4.6.	СБАЛАНСИРОВАННЫЕ БС	184
4.7.	ЭФФЕКТИВНЫЕ ОПТИМАЛЬНЫЕ БС.....	188
4.8.	ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ.....	194
4.9.	ОЦЕНКИ МИНЕРАЛИЗОВАННЫХ ЗАПАСОВ	196
4.10.	ВЫЧИСЛЕНИЕ ПОЛНОЙ ПОЛИТИКИ БС	200
4.11.	ПАРАМЕТРИЧЕСКИЕ БС	203
4.12.	ЭФФЕКТЫ ПОГРЕШНОСТЕЙ В КОНТРОЛЕ КАЧЕСТВА РУДЫ	205
4.13.	СОДЕРЖАНИЯ НА ПРОМЕЖУТОЧНЫХ СКЛАДАХ.....	208
4.14.	ПЛАНИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ ГОРНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ	211
4.15.	ПРОЕКТИРОВАНИЕ НОВЫХ РУДНИКОВ.....	213
4.16.	МЕСТОРОЖДЕНИЯ С ДВУМЯ ПОЛЕЗНЫМИ ИСКОПАЕМЫМИ.....	215
4.17.	ДРУГИЕ ЭКОНОМИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ.....	218
4.18.	ПРИМЕР: МЕДНО-МОЛИБДЕНОВЫЙ КАРЬЕР	221
4.19.	ОПТИМИЗАЦИЯ БС В ГОРНОМ ПЛАНЕ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ ЦЕН НА МЕТАЛЛ	224
4.19.1.	Оптимизация бортового содержания	225
4.19.2.	Подготовка геологических данных. Блокировка ресурсов.....	226
4.19.3.	Методология анализа (оптимизации) БС	228
4.19.4.	Методология оптимизации	230
4.19.5.	Эффекты изменения цен	232
4.19.6.	Производственные БС	233
4.19.7.	Оценка ресурсов.....	234
4.19.8.	Оптимальная стратегия БС.....	235
4.20.	ОБОСНОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПОДЗЕМНОГО ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО РУДНИКА НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА БС (СИСТЕМА С ОТКРЫТЫМ ОЧИСТНЫМ ПРОСТРАНСТВОМ) [3]	237
4.20.1.	Моделирование сценария	237
4.20.2.	Заключение	239
4.21.	ЛИТЕРАТУРА	240
5.	ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ [1]	240
5.1.	ОБЩЕЕ ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА ОЦЕНКИ	241
5.1.1.	Пользователи результатов оценки проектов	243
5.1.2.	Особенности инвестиционных решений по горным проектам	244
5.1.3.	Определенность и неопределенность	246
5.1.4.	Взаимно исключающие и независимые проекты	247
5.1.5.	Типы оценок	247
5.1.6.	Конечные продукты оценки проекта	250
5.1.7.	Динамическая природа оценки проекта.....	253
5.2.	НЕДИСКОНТИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ	256
5.2.1.	Сопоставимая (справедливый рынок) оценка	256
5.2.2.	Оценка закрытия производства (Breakup Value).....	258
5.2.3.	Восстановительная стоимость.....	259
5.2.4.	Окупаемость.....	259
5.2.5.	Анализ затрат.....	260
5.3.	АНАЛИЗ ДИСКОНТИРОВАННОГО ПОТОКА НАЛИЧНОСТИ	261
5.3.1.	Поток наличности (CF)	262
5.3.2.	Дисконтированный поток наличности.....	265
5.3.3.	Чистая сегодняшняя ценность (NPV) и внутренняя норма возвращения (IRR)	269
5.3.4.	Темп роста возвращения (Growth Rate of Return), Отношение существующей ценности (Present Value Ratio) и Полная норма возвращения (Overall Rate of Return)	275
5.3.5.	Анализ отношения Прибыль / Затраты	276
5.4.	УЧЕТ ИНФЛЯЦИИ И ИЗМЕНЕНИЯ СПРОСА	277
5.4.1.	Постоянные или текущие деньги?	277
5.4.2.	Прогноз спроса, предложения и цен	278
5.4.3.	Заключение	280
5.5.	ВЫБОР ВРЕМЕНИ И ИНВЕСТИЦИОННЫЕ ВАРИАНТЫ	280
5.5.1.	Учет цикличности	280
5.5.2.	Важность выбора времени начала проекта	282

5.5.3.	Цена опциона (Option Pricing).....	282
5.6.	КРАТКИЙ ОБЗОР ДРУГИХ МЕТОДОВ ОЦЕНКИ	283
5.6.1.	Измерение экологических преимуществ и затрат	283
5.6.2.	Анализ входа/выхода	284
5.6.3.	Эконометрическое моделирование.....	284
5.6.4.	Методы математического программирования.....	285
5.6.5.	Финансовый анализ и долг	285
5.6.6.	Действительно ли сложные методы являются заслуживающими внимания?	286
5.7.	КРАТКОЕ РУКОВОДСТВО ПО ОЦЕНКЕ ГОРНЫХ ПРОЕКТОВ	286
5.7.1.	Шаги проектной оценки	287
5.7.2.	Потенциальные ошибки в оценке проектов и рисков	290
5.7.3.	Оценка больших проектов.....	292
5.7.4.	Заключение	293
5.8.	ЛИТЕРАТУРА	293
6.	ОЦЕНКА РИСКА ИНВЕСТИРОВАНИЯ В ГОРНЫЕ ПРОЕКТЫ	294
6.1.	УЧЕТ РИСКА В АНАЛИЗЕ ПРОЕКТОВ [1].....	294
6.1.1.	Анализ чувствительности.....	294
6.1.2.	Анализ сценариев	295
6.1.3.	Вероятностный анализ и моделирование Монте Карло	297
6.1.4.	Сравнение моделирования Монте Карло с анализом сценариев	301
6.1.5.	Недостатки и ограничения.....	303
6.1.6.	Отношение к риску и эквивалент достоверности	304
6.1.7.	Принятие решения методом Bayesian	305
6.1.8.	Учет политического риска.....	306
6.2.	РЕШЕНИЯ, ВОВЛЕКАЮЩИЕ НЕОПРЕДЕЛЕННОСТЬ, РИСК, И ВОЗВРАЩЕНИЕ [2]	307
6.2.1.	Определение соответствующей нормы дисконтирования (учетной ставки)	307
6.2.2.	Ожидаемые доходы по инвестициям и затраты капитала	308
6.2.3.	Граничные затраты капитала для индивидуальных проектов	309
6.2.4.	Допустимость риска: критерий неопределенности	310
6.2.5.	Руководящие принципы	311
6.2.6.	Выбор среди проектов с различными рисками	312
6.2.7.	Значение (и трудность) вероятностной оценки.....	314
6.2.8.	Вероятностные оценки с неопределенными входными параметрами	318
6.3.	АНАЛИЗ ОБЕСЦЕНЕННОГО ПОТОКА НАЛИЧНОСТИ В УСЛОВИЯХ РИСКА [2].....	319
6.3.1.	Роль затрат в принятии решения	320
6.3.2.	Финансовые (капитал) и реальные опционы	321
6.3.3.	Понимание риска с помощью худших сценариев	323
6.3.4.	Руководящие принципы для рассмотрения рискованного капитала	324
6.4.	ЛИТЕРАТУРА	325
7.	ФИНАНСОВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ГОРНОГО ПРОЕКТА	325
7.1.	Описание финансовой модели проекта.....	325
7.1.1.	Программа добычи руды	327
7.1.2.	Планирование переработки руды	328
7.1.3.	Оценка капитальных затрат	330
7.1.4.	Оценка эксплуатационных расходов.....	331
7.1.5.	Налоги и платежи.....	332
7.1.6.	Финансовая структура проекта	333
7.1.7.	Формирование потока наличности	334
7.1.8.	Анализ чувствительности проекта к изменению внешних и внутренних параметров. 338	
7.2.	КОМПЬЮТЕРНЫЕ ПРОГРАММЫ	340
7.2.1.	Программа IC-MinEval	340
7.2.2.	Пример использования программы IC-MinEval - Проект Золоторудного проекта в Ботсване [10] 342	
7.2.3.	Другие программные продукты	350
7.3.	ЛИТЕРАТУРА	352
	ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	353
	ПРИЛОЖЕНИЕ 1 - КЛАССИФИКАЦИЯ ТЭО (ГОРНЫЕ ПРОЕКТЫ) ПО ДАННЫМ КОМПАНИИ AKER KVAERNER (КАНАДА).....	353

ПРИЛОЖЕНИЕ 2: МЕТОДЫ ДИСКОНТИРОВАНИЯ И СЛОЖНЫЕ ПРОЦЕНТЫ [1, 2].....	356
ПРИЛОЖЕНИЕ 3. ПОЛОЖЕНИЕ О ЗВАНИИ ГЕОЛОГ ЕВРОПЫ	374
ПРИЛОЖЕНИЕ 4. ПРИМЕРЫ ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ ИНТЕРПРЕТАЦИИ	386
ПРИЛОЖЕНИЕ 5. ОБЗОР ЭКВИВАЛЕНТНОСТИ ДОПУСКАЕМОГО РИСКА И ОПРЕДЕЛЕННОСТИ [1]	387