

Оглавление

Вступительное слово		xi
Предисловие		xiii
Об авторе		xvii
Выражение признательности		xix
Предисловие к русскому изданию		xxi
ГЛАВА 1	Введение	1
	Вводные комментарии	1
	Эволюция теории бортового содержания — увеличение числа измерений (размерности)	3
	Выполнение оценок бортового содержания и оптимизации стратегий	5
	Общая терминология и используемые единицы измерения	7
<hr/>		
ЧАСТЬ 1	РАЗВИТИЕ ПОНИМАНИЯ ТЕОРИИ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ — ОТ ПРОСТОЙ ТОЧКИ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ДО ПОЛНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ	
<hr/>		
ГЛАВА 2	Определение основополагающих принципов	13
	Что такое бортовое содержание?	13
	Классификация материалов для определения бортового содержания и оптимизации стратегии	15
	Классификация затрат для определения бортового содержания и оптимизации стратегии	18
	Использование бортового содержания для отделения руды от пустой породы	21
	Плановое и рабочее бортовое содержание	23
	Бортовое содержание и цели компании, или как рядовой инженер определяет размер бонуса генерального директора	24
	Выводы	25
ГЛАВА 3	Анализ безубыточности — учет затрат и цен	27
	Распространенная модель бортового содержания и ее ограничения	27
	Простая формула безубыточности	28

	Более общее определение безубыточности — равная чистая выгода	30
	Затраты при расчете безубыточности «руда — пустая порода»	35
	Безубыточность на разных этапах производственного процесса	45
	Повторяющийся расчет безубыточности	46
	Проблемы с безубыточным бортовым содержанием	48
	Выводы	53
ГЛАВА 4	Оценка Мортимера — учет геологического строения	55
	Формулировка оценки мортимера	55
	Расчеты для оценки мортимера	56
	Графическое представление оценки мортимера	58
	Применение оценки мортимера на практике	61
	Краткие выводы	62
ГЛАВА 5	Методика Лейна — учет производственных мощностей системы	65
	Разъяснение методики Лейна	65
	Введение основополагающих понятий	66
	Практическое применение методики Лейна	74
	Основные принципы определения оптимального бортового содержания	78
	Предельные бортовые содержания	79
	Равновесные (balancing) бортовые содержания	86
	Анализ	92
	Практические способы определения оптимальных бортовых содержаний	96
	Влияние изменения стоимостных и ценовых параметров на бортовые содержания	99
	Осложняющие факторы	102
	Выводы	108
ГЛАВА 6	Оптимизация стратегии рудника — учет всего	111
	Вводные комментарии	111
	Цель оптимизации стратегии	113
	Задание размера рудника	115
	Разработка логического обоснования процесса оптимизации стратегии	117
	Сравнение оптимизации стратегии и стандартного выбора стратегии	129
	Процесс оптимизации стратегии	133
	Сравнение оптимизации одного проекта с оптимизацией всех проектов	133
	Выводы	135

ГЛАВА 7	Вариации бортового содержания на стадиях общего процесса планирования горных работ	137
	Вводные комментарии	137
	Процесс планирования горных работ	138
	Исследования, предшествующие разработке месторождения	140
	Рекомендуемые процессы планирования на действующих рудниках	144
	Годовой бюджет	150
	Важность корпоративной политики планирования	152
	Включение определения бортовых содержаний и оптимизации стратегии в процесс планирования	153
	Прочие факторы, влияющие на специфику определения бортового содержания	158
	Заключительный раздел	166
<hr/>		
ЧАСТЬ 2	ВАЖНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО ПОВОДУ ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ	
<hr/>		
ГЛАВА 8	Оптимизация стратегии для рудника	173
	Введение	173
	Определение вариантов и сценариев	173
	Неопределенные параметры и взаимосвязи	174
	Геологические входные данные	175
	Входные данные по добыче	178
	Входные данные по обогащению	187
	Входные данные по эксплуатационным затратам	189
	Входные данные по капитальным затратам	193
	Социальные вопросы	195
	Статьи доходов и экономические параметры	196
	Налогообложение	196
	Вопросы завершения производства	197
	Построение и использование оптимизационной модели	198
	Работа с различными видами продукта	203
	Выводы	204
ГЛАВА 9	Задание идентификатора содержания	209
	Краткая информация об идентификаторах содержания	209
	Выбор корректного идентификатора содержания	210
	Типы идентификаторов содержания для полиметаллических месторождений	213
	Получение формулы эквивалентности	217
	Сравнение стоимости в долларовом и металлическом эквиваленте	220

	Перерасчет эквивалентных содержаний	225
	За рамками содержания или стоимости в расчете на тонну	227
	Учет составляющих, снижающих стоимость	229
	Затраты, изменяющиеся в зависимости от расположения блоков в подземном руднике	230
	Выводы	231
ГЛАВА 10	Цели и показатели эффективности инвестиционного проекта	235
	Количественная оценка достижения корпоративных целей	235
	Стоимость, цели и ограничения	236
	Показатели стоимости для дисконтированных денежных потоков	241
	Показатели бухгалтерской отчетности	248
	Показатели затрат	251
	Физические и временные показатели	256
ГЛАВА 11	Методы оценки стоимости	267
	Определение показателей стоимости для оптимизации стратегии	267
	Традиционная оценка стоимости	268
	Имитационное моделирование Монте-Карло	271
	Условное моделирование рудных тел	272
	Динамическая оценка стоимости на основе дисконтирования денежных потоков — моделирование будущих управленческих решений	273
	Оценка стоимости опционов	275
	Оценка стоимости реальных опционов	276
	Некоторые замечания относительно методов оценки стоимости	280
	Выводы	283
ГЛАВА 12	Оптимизация стратегии и управление рисками	285
	Учет воздействия неопределенных параметров	285
	Выявление возможной выгоды и риска убытков	285
	Как вознаграждаются результаты, полученные менеджерами?	288
	Анализ практического примера	289
	Принятие стратегических решений	290
	Краткие выводы	291
ГЛАВА 13	Методы оптимизации	293
	Различные способы разработки оптимальной стратегии	293
	Метод полного перебора вариантов	293
	Генетические алгоритмы	295
	Динамическое программирование	296
	Линейное и частично-целочисленное программирование	297
	Заключительные комментарии	299
	Выводы	300

ГЛАВА 14	Ответы на ошибочные представления и возражения	303
	Ошибочные представления или обоснованные опасения?	303
	Ошибочные представления	303
	Обоснованные опасения	307
	Заключительный раздел	312
ГЛАВА 15	Подведение итогов	315
	Обзор	315
	Из чего мы исходили?	315
	К чему мы пришли?	318
	Куда мы движемся?	320
	В заключение	322
Литература		323
Примеры из практики		325
	Вступительные замечания	325
	Пример 1	325
	Пример 2	326
	Пример 3	328
	Пример 4	330
	Пример 5	331
Предметный указатель		
Спонсоры		
Публикации Австрало-азиатского института горного дела и металлургии		

Вступительное слово

В период, когда специалисты в горнодобывающей промышленности пересматривают свою работу и подход к созданию стоимости для акционеров, эта книга дает интеллектуальные инструменты, необходимые управляющим рудниками, чтобы превратить обещания их руководителей в реальность. Слишком часто благие намерения на уровне совета директоров не переходят в соответствующие действия технического персонала по планированию и оптимизации горных работ. Неправильно рассчитанные бортовые содержания приводят к тому, что на рудниках добывается и перерабатывается огромный объем материала, который не добавляет ценности для производства или его владельцев.

Эта книга является достойным преемником книги Кена Лейна «Экономическое определение руды», которая сейчас более не переиздается. Г-н Холл излагает свою теорию в доступной форме, которую будет легко понять горным инженерам и геологам, но эта книга выходит далеко за рамки математики Лейна и объясняет, как с использованием новейших средств и методов выполняется планирование и оптимизация горных работ. Все объяснения даны простым языком и, очевидно, являются результатом многолетней практики в этой области, а также обучения других людей.

Специалисты по добыче золота, в частности, будут рады публикации этой книги, поскольку основное внимание в ней уделяется не унциям золота в запасах или произведенным в год унциям золота, а движению денежных средств и регулярной выплате дивидендов. С появлением в последние годы контрактов на разницу цен золота, цена на золото более не зависит от запасов. Крайне важно, чтобы владельцы добывающих предприятий понимали, что унции золота, о которых они ранее говорили как о ресурсах и запасах, на самом деле являются унциями золота на уровне безубыточности или даже убыточными унциями, и их не стоит добывать, по крайней мере, пока последующие поколения не разработают новые технологии и не смогут превратить их в прибыльные.

В то время как, в основном, эта книга привлечет горных инженеров и геологов, обогащители и другие специалисты также вносят свой вклад в процесс оптимизации горного предприятия и смогут извлечь пользу из описываемых в книге идей. Корпоративные менеджеры, руководители компаний, экономисты и, особенно, аналитики в горной промышленности должны уделить время изучению этих идей, хотя бы только затем, чтобы понять, насколько сложны на самом деле процессы добычи и оптимизации горных работ.

Книги, которые могут трансформировать эффективность целой отрасли промышленности, встречаются примерно лишь раз в поколение. И это одна из таких книг. Читатели, взявшие на себя труд понять идеи и процессы, изложенные в этой книге, и применившие их на практике, получают ценное преимущество перед своими конкурентами, как в глазах своих работодателей, так и для личного карьерного роста.

Джефф Шаррок
(Член Австрало-азиатского института горного дела и металлургии,
аккредитованный специалист)

Президент Австрало-азиатского института
горного дела и металлургии 2013-2014 гг.

Предисловие

В своем научном труде «De Re Metallica», впервые опубликованном в 1556 г., Георг Агрикола писал в Книге I:

«... Начну я с вопроса о пользе горного дела, вопроса, имеющего две стороны: полезно или нет горное дело для тех, кто им занимается?... Насколько велика разница между обученным и опытным горняком и горняком, не сведущим и неопытным в его занятии. Последний роет руды без разбора и различия, первый же сперва их пробует и исследует, и, если он при этом находит, что они слишком тонки или тверды или слишком слабы и рыхлы, он приходит к заключению, что рыть их не стоит; он копает, следовательно, лишь выбранные им руды. Что же удивительного в том, что человек, неопытный в горном деле, терпит от занятия им ущерб, в то время как опытный в нем извлекает из него обильные плоды?»

И снова в Книге VII, о «способах опробования руд»:

«... между тем горняки благодаря... опробованию горных жил узнают..., имеются ли налицо признаки одного или нескольких металлов... Такое опробование также дает возможность отделять рудные части горной жилы от ее безрудных частей...»

Из этого раннего текста о горном деле мы видим необходимость определить, какую породу добывать, а какую нет, что стоит обогащать, а что не стоит. Чтобы владельцы рудников не «терпели ущерб», необходимо умение отличать одно от другого. Основопологающей целью добычи определенно является получение прибыли или экономической выгоды. Люди занимаются добычей, чтобы зарабатывать деньги, а не просто производить руду или металл.

Переместимся на 400 лет вперед. В 1964 г. Кен Лейн опубликовал свою основополагающую статью по теории бортовых содержаний, а позже и учебник на эту тему (Lane, 1988) Во введении ко второму изданию Лейн (Lane, 1997) писал:

«...на производстве руду в целом разделяют по бортовому содержанию; материал с содержанием минерала выше бортового направляют на переработку, а оставшийся материал либо не трогают, либо сбрасывают в отвалы.»

Узнав об этом, Лейн задал вопрос: зачем работать согласно заданному значению бортового содержания, а не любому другому значению?

Некоторые из ответов, которые он получил, были:

- «Мы всегда работали при 0,3%.»
- «Давным-давно головной офис решил работать при 5% суммы металлов.»
- «Это технический вопрос, который решают люди на промплощадке.»

Такие ответы подогревали интерес Лейна к классификации руды. Он утверждает, что этой теме уделялось минимальное внимание в учебниках и научных статьях, и не было ни одной уважаемой научной работы:

«Казалось ироничным, что в промышленности, посвященной добыче руды, классификация руды принимается как нечто само собой разумеющееся.»

На протяжении многих лет основные справочники по горному делу, такие как справочник Пила (Peele, 1941) и справочник Общества горных инженеров (Cummins and Given,

1973), обходя молчанием понятие бортового содержания, как будто оно не нуждается в объяснении. Последняя из упомянутых книг содержит один пример расчета безубыточного бортового содержания для карьера с предполагаемым соотношением руды и пустой породы, то есть подразумевается, что бортовое содержание было указано до того, как оно было определено! Эта концепция, по-видимому, не достаточно важна, чтобы само «бортовое содержание» упоминалось в алфавитном указателе, а пример расчета даже не появился в расширенном втором издании, опубликованном в 1992 г.

В настоящее время ряд горнодобывающих компаний (особенно крупных) в определенной степени применяют принципы оптимизации стратегии и бортового содержания при стратегическом планировании горных работ. Помимо этого, мало что изменилось. В промышленности все еще существует широко распространенное убеждение, что бортовое содержание и безубыточность — это одно и то же; что любое бортовое содержание, полученное без расчета безубыточности, в каком-то роде неправильно. И это несмотря на то, что около 50 лет назад Лейн определил, что оптимальное бортовое содержание для максимального увеличения чистой текущей стоимости (распространенная задача многих горнодобывающих компаний) не может быть безубыточным содержанием, и даже если это так, затраты, учитываемые при расчете, могут существенно отличаться от обычно используемых. — В любом случае, оптимальное бортовое содержание всегда выше, чем традиционное безубыточное содержание.

Как и Лейн, я заинтересовался тесно связанными между собой вопросами бортового содержания и оптимизации стратегии из-за очевидного отсутствия понимания того, что они означают. За многие годы стало ясно, что существует целый ряд способов для определения бортового содержания, и ни один из этих методов нельзя назвать неправильным. Несомненно, они представляют собой различные модели теории бортового содержания и расчетов. Я рассматриваю понимание теории бортовых содержаний как аналог нашего все более возрастающего понимания космоса — от идей Ньютона и Эйнштейна к самым современным теориям, выдвинутым физиками — и я более подробно рассуждаю на эту тему в первых главах этой книги. Простые модели вселенной, такие как законы движения Ньютона, оказываются приблизительным объяснением более всеобъемлющей теории и полезны для одних целей, но не подходят для других. Аналогичным образом, основные модели бортовых содержаний могут подходить для достижения одних целей, но будут недостаточны для других.

К сожалению, многие специалисты в этой отрасли не признают целесообразности моделей бортового содержания со многими параметрами. Можно услышать, как отраслевые аналитики заявляют на конференциях, что деньги — это главное, и укоряют управляющих директоров горнодобывающих компании за то, что они не смогли обеспечить денежные выплаты акционерам. Тем не менее, меры, на которых они сосредотачиваются, не связаны или, что еще хуже, отрицательно влияют на получение прибыли. Поскольку многие лица, принимающие решения в этой отрасли, не обладают техническими знаниями, а те, кто ими обладают, мало что знают о теории бортового содержания и оптимизации стратегии — нет никого, кто мог бы сказать инвесторам, что стратегии, которые, по их мнению, приносят прибыль, на самом деле сокращают ее, и наоборот.

Рассмотрим унции золота в промышленных запасах. Некоторые факты говорят о том, что это ключевой показатель для аналитиков в отрасли, и, действительно, некоторые золотодобывающие компании заявляли в своих публичных документах, что их цель состоит в том, чтобы максимально увеличить объем унций в запасах. Это хорошо звучит в принципе, но если при этом максимально увеличивается прибыль, то наилучшая политика бортовых содержаний очевидна: установить его на ноль, то есть добывать и перерабатывать каждый кусочек оруденения с золотом как руду. В зависимости

от распределения содержания в зоне оруденения, это может давать положительный чистый денежный поток для производства, так что это предложение не обязательно глупое. Но сразу появятся протесты, что некоторые из унций с низким содержанием приводят к потере денег и не покрывают затрат на производство, с чем я согласен. Очевидно, что существует два типа унций: приносящие деньги и не приносящие.

Так что, если деньги — это главное, но не каждая унция приносит прибыль, сколько из унций в заявленных запасах золотодобывающих компаний требуют больше затрат, чем приносят прибыли? С учетом многолетнего опыта реальных исследований для горнодобывающих компаний, мой ответ: много. Это, пожалуй, неудивительно.

Несколько лет назад мой коллега проходил обучение в Австралийском институте по ценным бумагам. В обучающих материалах для горнодобывающей промышленности было особо указано, что бортовое содержание определяется путем расчета безубыточности. Если авторитетное учреждение учит этому отраслевых аналитиков, неудивительно, что они в это верят.

Я вел краткосрочные курсы по материалам этой книги более десяти лет, и несколько моих студентов говорили, что они думали, что я просто уточню, какие цифры вставлять в их формулы безубыточности. Потом они признаются, что и не подозревали, как много здесь всего нужно знать.

При обсуждении теории Лейна я обычно задаю четыре вопроса:

- Кто о ней слышал?
- Кто начинал читать книгу Лейна?
- Кто дочитал?
- Кто ее понял?

За многие годы я, наверное, задавал эти вопросы нескольким сотням человек. Из тех, кто должен был о ней слышать, например, горные инженеры и геологи, занимающиеся планированием или технологией, около 80% действительно о ней слышали. Из них около 80% начали эту книгу читать. К сожалению, сейчас ее уже не переиздают, поэтому эти цифры падают. Реальные проблемы начинаются с последними двумя вопросами. Около 20% дочитали книгу, и я могу пересчитать по пальцам тех, кто утверждал, что ее понял. Большинство из тех, кто начал ее читать, но не дочитал, признаются, что бросили читать, когда дошли до сложных математических расчетов по формулам Лейна в Главе 3. Это печально, поскольку, хоть и полезно знать, что расчеты были подтверждены, вам не обязательно понимать расчеты, чтобы понять, что эти формулы подразумевают, и поэтому вы пропускаете все, что написано в книге дальше.

Моя цель при написании этой книги — дать основу для понимания, что все взаимосвязано, начиная от изначальной идеи и ограниченных примеров вплоть до всеобъемлющих моделей теории и практики бортового содержания. Каждая глава завершается разделом с кратким содержанием этой главы и выводами, где выделены и еще раз аргументировано изложены ключевые вопросы. Я надеюсь, что эта книга облегчит понимание бортовых содержаний и оптимизации стратегии в промышленности во всем мире и поможет другим увидеть больше, чем они видели до этого.

Брайан Холл
(Член Австрало-азиатского института горного дела и металлургии,
аккредитованный специалист)

Брисбен, 2014 г.

Об авторе

Основные направления профессиональной деятельности Брайана Холла включают производственное планирование на предприятиях по добыче руды, в том числе рабочее проектирование рудников, технические оценки, технико-экономические обоснования и стратегическое планирование. Он начал свою карьеру в качестве стажера в компании Consolidated Gold Fields Australia Ltd в 1973 году, а в 1977 г. после вахтовой работы на горе Лайелл в Тасмании перешел в компанию Gold Fields в ЮАР для работы на золотом руднике West Driefontein Gold Mine и руднике по добыче цветных металлов Black Mountain.



В 1982 г. Брайан Холл перешел в компанию Mount Isa Mines в Квинсленде (Австралия), где последующие 12 лет занимал должности руководителя горными работами (свинец и медь), начальника отдела планирования и главного горного инженера. Он отвечал за разработку внутренней компьютеризированной системы планирования горных работ, а также принимал участие в исследованиях по целому ряду систем добычи, переработки и пирометаллургических процессов.

Брайан Холл приступил к работе в компании AMC Consultants в 1994 г., где его обязанности включали планирование, проектирование, разработку графиков, технический аудит, стратегические исследования, ТЭО, исследования бортовых содержаний, оптимизацию стратегии отработки месторождения и компьютерное моделирование для предприятий в Австралии, Азии, Европе и Северной Америке. За последние десять лет основным направлением его деятельности является оптимизация бортовых содержаний и стратегии для предприятий по добыче подземным и открытым способом целого ряда полезных ископаемых.

Брайан Холл имеет степень бакалавра технических наук (по горному делу, диплом с отличием) и степень бакалавра коммерции, поэтому он разработал и проводил курсы для студентов и аспирантов в университетах, а также проводил обучение персонала клиентов по техническим вопросам. С 2001 г. он проводит семинары по оценке проектов, теории и практике применения бортового содержания и оптимизации рудников и бизнес-стратегии, а также написал несколько технических статей по этим вопросам. Брайан Холл является не только аккредитованным специалистом Института полезных ископаемых, но также дипломированным инженером Института материалов, полезных ископаемых и горного дела (Великобритания), а также зарегистрированным профессиональным инженером штата Квинсленд (Австралия).

Выражение признательности

Как и любая такая работа, эта книга является кульминацией труда и вклада многих людей. Выражаю мою искреннюю благодарность всем, кто приложил руку к ее подготовке тем или иным образом. Во-первых, я должен поблагодарить руководство компании AMC Consultants Pty Ltd, которые очень щедро отдали мне права на интеллектуальную собственность касательно этой книги - большая часть моих знаний была получена во время работы в качестве сотрудника AMC, поэтому при других обстоятельствах права на интеллектуальную собственность принадлежали бы AMC. В проектах, над которыми я работал, также принимали участие многочисленные коллеги по компании AMC, и их помощь и идеи внесли свой вклад в развитие моего собственного понимания принципов и полезных методик.

Я благодарен многим клиентам AMC, над чьими проектами я работал на протяжении многих лет, как компаниям в целом, так и отдельным их сотрудникам, с которыми я имел честь работать и поддерживал дружеские отношения на протяжении многих лет. Хотя между проектами есть много общего, каждое предприятие уникально: у каждого свои особенные проблемы, и большая часть моих знаний была получена путем решения интеллектуальных задач, связанных с каждым проектом. Это стало возможным только благодаря объяснениям сотрудников клиентов, основанным на глубоком понимании их производства, и которыми они всегда охотно делились, несмотря на свою занятость. Кроме того, я получал знания благодаря решению сложных вопросов, которыми забрасывали меня сотрудники каждого клиента. Я не всегда мог ответить сразу же, особенно в первые дни, но эти вопросы заставили меня мыслить более широко, чтобы научиться решать задачи, более приближенные к реальному миру. Более поздние клиенты извлекли выгоду из идей, разработанных во время работы над более ранними проектами; будущие клиенты получают пользу от текущих проектов; а когда несколько анализов проводятся для одного и того же клиента на протяжении многих лет, они получают пользу от идей, которые я разработал на их собственных промплощадках.

Спасибо также слушателям моих образовательных курсов, которые я проводил на протяжении многих лет. Я, наконец, поддался давлению тех, кто считал, что я должен написать книгу. Ваши вопросы и ответы действительно сформировали общее направление обсуждений в этой книге, и продолжали делать это, даже когда рукопись близилась к завершению.

Благодарю также моих рецензентов. Комментарии и критика Энтони Оллмана и Крейга Стюарта ранних вариантов книги были крайне полезны, равно как и замечания Бретта Кинга, Питера Маккарти и Джеффа Уитгла, которые выступили официальными рецензентами от Австрало-азиатского института горного дела и металлургии. Глен Уильямсон предоставил в главе 7 подробную информацию о методах планирования открытых горных работ, которые находятся вне области моих знаний, а Майкл Самис консультировал по вопросам анализа реальных возможностей в главе 11. Разумеется, только я нес ответственность за все оставшиеся ошибки и спорные мнения.

Спасибо также Комитету по публикациям Австрало-азиатского института горного дела и металлургии, в частности, Кристи Берг, которая проявляла чудеса терпения в течение длительной подготовки данной книги. Меня оправдывает лишь напряженная работа в увлекательной области промышленности, когда по всему миру существует значительный дефицит квалифицированных специалистов. Надеюсь, что ожидание было оправданным.

И, наконец, самым большим упущением было бы не отметить поддержку моей семьи. Мой сын Бен подготовил все иллюстрации, собранные из различных источников, в едином формате в цветном и монохромном вариантах для электронной и бумажной версии книги. Отдельную благодарность я хотел бы выразить моей жене Дженнифер, которая поддерживала меня, живя и работая в шахтерских городках и крупных городах около 40 лет, как делают все в этой отрасли или, по крайней мере, те из нас, кто вырос во времена отдаленных шахтерских городов, до того как появилась работа вахтовым методом. Она обеспечивала налаженный быт, пока я ездил к клиентам во многих интересных частях мира. Во время написания этой книги она провела много вечеров и выходных дома одна, пока я работал над книгой у себя в офисе, хотя вместо этого мы могли бы пойти куда-нибудь вместе. Без тебя я бы не справился, Джен.

Брайан Холл
(Член Австрало-азиатского института горного дела и металлургии,
аккредитованный специалист)

Брисбен, 2014 г.

Предисловие к русскому изданию

Книга Брайна Холла посвящена теме, которая очень редко детально анализируется в монографиях мирового уровня. До выхода настоящей книги это удавалось только трем авторам: Г. Мортимеру (1950), К. Лейну (1988), Ж. Ренду (2009).

Как утверждает автор книги, бортовое содержание — это наименее понятный критерий доходности процесса добычи полезных ископаемых. Определение его величины является неотъемлемой частью оптимизации стратегии горных работ.

Б. Холл рассматривает процесс развития теории БС во времени, как постепенное добавление размерности в его определении.

Первоначально бортовое содержание рассматривалось, как чисто экономический параметр безубыточности и определялось только соотношением цены продукта и затрат на его получение — первое измерение. Кстати, большинство горных предприятий мира до сих пор используют этот метод, который, как убедительно доказал Б. Холл, не способен соответствовать целям компании и поддерживать доходы ее акционеров.

Затем Г. Мортимер предложил использовать в расчётах бортового содержания кроме фактора безубыточности геологические особенности месторождения, чтобы полнее учитывать интересы горной компании — второе измерение.

И наконец, К. Лейн сделал этот процесс трёхмерным и доказал, что в нем необходимо учитывать также производственные мощности системы для трех классов материала: горной массы, руды и готового продукта. Введенное им сбалансированное бортовое содержание является функцией геологических условий и производительности переделов и более устойчиво к изменению затрат и цен, чем широко используемое безубыточное бортовое содержание.

Тема оптимизации бортовых содержаний в отечественной литературе освещается крайне скудно, хотя после перехода Российской системы недропользования на рыночные отношения прошло уже 25 лет. Формально каждое российское горнодобывающее предприятие должно обрабатывать месторождение по тому бортовому содержанию, которое установлено Государственной комиссией по запасам полезных ископаемых (ФБУ «ГКЗ») в составе утверждаемых им постоянных параметров кондиций (минимальной мощности рудного тела, максимальной мощности включаемых в запасы некондиционных прослоев и т. д.). Однако утвержденные постоянные параметры кондиций пересматриваются очень редко и в подавляющем большинстве случаев действуют на весь период отработки месторождения. Такая практика была оправдана во времена плановой стационарной экономики, когда цены и затраты были относительно постоянны в течение длительных периодов (5-10 лет и более).

Однако если заглянуть в публичные биржевые отчеты российских компаний, то увидим, что бортовые содержания ежегодно изменяются вместе с изменением цен, затрат и иных макроэкономических показателей, как это и должно быть в рыночных условиях, а вместе с бортовыми содержаниями меняется и тоннаж/содержание оставшихся неотработанными запасов, причем результаты оценки ресурсной базы месторожде-

ний по двум стандартам — государственному и биржевому (CRIRSCO¹) могут отличаться кратно по причине разницы в бортовых содержаниях.

Если недропользователь попытается переоценить запасы в соответствии с рыночными реалиями, то на соблюдение всех предусмотренных российским законодательством процедур, включая государственную экспертизу, уйдет не менее 1.5 лет. К завершению такой переоценки ее результаты (тоннаж/содержание) для бирж уже будут недействительны (устареют, т. к. срок действия переоценки ограничен шестью месяцами). Переходный период с плановых на рыночные отношения явно затянулся и на данный момент у нас действуют двойные стандарты определения бортового содержания — для государственной отчетности и для публичной.

Между отечественной и зарубежной практикой существуют принципиальные отличия, с которыми читатель теперь сможет ознакомиться и на русском языке. К таким отличиям можно отнести, например, использование в планировании комплекса бортовых содержаний, учет влияния на бортовое содержание «упущенной выгоды», ограничений мощностей по переделам, стратегия отработки месторождения с изменяющимся во времени бортовым содержанием и т. д.

В первой части монографии Б. Холл детально рассматривает все более усложняющиеся модели определения и оптимизации БС, которые в конце концов объединяются с полной оптимизацией стратегии горной компании.

Во второй части описаны специфические аспекты работ, связанных с оптимизацией стратегии: входные параметры, идентификаторы оценки и критерии эффективности проекта, методы оптимизации горных стратегий и т. д.

Российские читатели с выходом этой книги впервые получают возможность подробно ознакомиться с развитием теории бортового содержания и горных стратегий, что, к сожалению, пока не пользуется должным вниманием в России. Между тем, именно такие подходы наиболее востребованы в современном профессиональном сообществе.

Несис В.Н.

Генеральный директор АО «Полиметалл УК»

1 CRIRSCO (Committee for Mineral Reserves International Reporting Standards) — Комитет по международным стандартам отчетности о запасах твердых полезных ископаемых, по которому оценивается 9/10 мирового рынка активов твердых полезных ископаемых

ГЛАВА 1

Введение

ВВОДНЫЕ КОММЕНТАРИИ

Бортовое содержание ценного компонента в руде, возможно, наименее понятный критерий доходности в горном производстве. Многие специалисты считают, что оно определяется относительно легко, если известны затраты на добычу и переработку руды, сквозное извлечение, а также определена предполагаемая цена выпускаемого металла (металлов). Обоснование значений этих параметров не всегда может быть легким, но после их определения расчет бортового содержания, как порога рентабельности, будет очень простым. Для других специалистов бортовое содержание — это просто факт, который всегда присутствует.

Все это очень далеко от действительности. К сожалению, многие управляющие высшего звена и лица, принимающие решения в отрасли, как и многие аналитики, объясняющие действия и решения руководства компании, не осознают этого. В результате, судя по всему, стратегия и политика, которые приносят максимальную прибыль акционерам и снижают риск, не ставятся ни в грош, в то время как приветствуются действия, снижающие доходность проекта и увеличивающие риск.

Определение бортового содержания является неотъемлемой частью оптимизации стратегии добычи. Оно должно быть конечным результатом стратегического планирования и процесса оптимизации, а не входным параметром. Само это заявление может быть поставлено под сомнение некоторыми читателями. Обычная практика, особенно для подземных рудников, — сначала обосновать бортовое содержание, которое, в свою очередь, определяет размер и форму рудного тела, а затем в его границах планировать подготовительные и очистные горные работы. Эта широко используемая на практике модель определения бортового содержания во многих случаях оказывается неадекватной.

Что означает термин «модель бортового содержания»? Это просто мысленная конструкция, отвечающая на вопросы «что?», «почему?» и «как?» в отношении бортового

содержания — а именно, что такое бортовое содержание, почему мы используем именно его и как мы его определили.

По аналогии вспомним классическую или ньютоновскую физику, созданную Исааком Ньютоном в конце XVII столетия. Она работает в трехмерном пространстве и удовлетворительно объясняет большую часть нашей повседневной деятельности. Физические формулы, связывающие массу, длину, время, силу, скорость и ускорение, являются полезными, поскольку они действуют непрерывно в масштабах времени, расстояния и точности, с которыми мы имеем дело большую часть своего времени, если не всегда.

В начале XX века Альберт Эйнштейн перевернул все это вверх тормашками своей специальной и общей теорией относительности. Внезапно мы перестали существовать в трехмерном пространстве, а переместились в четырехмерное пространство-время. В то время как мы всегда думали, что такие количественные величины, как масса, длина и время, являются постоянными, выяснилось, что все они относительные, а что является постоянным, так это скорость света относительно наблюдателя. Принципы относительности противоречат интуитивному знанию, основанному на нашем повседневном опыте, однако доказано, что они правильны. Они работают в чрезвычайно больших масштабах и при огромных скоростях, в противоположность ньютоновской модели. Правда, в привычных для нас масштабах и скоростях формулы Ньютона являются точными приближениями более сложной теории.

Устои классической физики рушатся и с другой стороны. Квантовая механика, получившая развитие в первые десятилетия XX века, описывает процессы в обычном масштабе, однако ее принципы, возможно, даже более сложны для восприятия, чем теория относительности. «Квантовая неопределенность» находится настолько далеко за пределами нашего повседневного опыта, что даже физики, являющиеся специалистами в данной области, признаются, что испытывают трудности с ее пониманием. Однако с помощью привычного языка математики они могут прийти к соответствующим логическим выводам, даже если все это находится за пределами нормального восприятия.

В наше время заветной мечтой физиков является «единая всеобщая теория», которая бы успешно объединила теорию относительности и квантовую механику и объяснила все четыре типа фундаментальных взаимодействий в одной глобальной теории. Классическая физика, теория относительности и квантовая механика, похоже, являются приближениями одной общей теории, которая удовлетворительно работает при различных наборах ограничений. Во время написания данной книги теория струн и М-теория, описывающие процессы в 10- и 11-мерном пространстве-времени, казалось бы, являются наилучшим шансом для того, чтобы подойти к этой цели¹, но, как и во всех фундаментальных научных исследованиях, здесь пока ничего не гарантировано.

Как все это связано с бортовым содержанием? Так же, как увеличивается размерность в нашей модели космоса, и мы видим, как это работает, увеличивается и размерность в неуклонно усложняющихся (но более полезных и широко применяемых) моделях бортового содержания и оптимизации возможных стратегий. Чем больше измерений в модели бортового содержания и оптимизации стратегий, тем больше параметров можно учесть и тем лучше будет потенциальный результат. Тем не менее, так же, как в физике, более простые модели бортового содержания могут быть более полезными при определенных обстоятельствах.

1. Например, возьмем работы Хокинга и Млодинова (Hawking and Mlodinow, 2010). Даже М-теория сегодня уже не кажется той желанной, единственной и единой теорией, а скорее представляет собой ряд моделей, работающих при различных обстоятельствах. Эти модели перекрываются и в областях перекрытия показывают сходные результаты, создавая таким образом континуум моделей, потенциально охватывающих весь диапазон физической реальности.

ЭВОЛЮЦИЯ ТЕОРИИ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ — УВЕЛИЧЕНИЕ ЧИСЛА ИЗМЕРЕНИЙ (РАЗМЕРНОСТИ)

В первой части этой книги рассматриваются принципы, лежащие в основе постепенно усложняющихся моделей определения бортового содержания и оптимизации стратегий.

Разработка этих концепций поддерживается рядом важных принципов и определений, описанных в главе 2. В частности, в ней обсуждаются определения бортового содержания и классификация затрат, а также связанные с ними вопросы. Многие из этих определений противоречат общепринятой промышленной практике, и возникает большая путаница из-за общего непонимания того, как следует применять описанные отличительные признаки при определении бортового содержания.

Бортовое содержание всегда было важной концепцией в горном деле. В старых текстах говорится о минимальном содержании, а термин «золотая жила» (*pay dirt*) был общепринятым в обиходе старателей и горняков в старые времена. В ряде этих текстов используется и термин «*бортовое содержание*», но без какого-либо официального определения или объяснения. Кажется, исследователи предполагали, что бортовое содержание является фундаментальной концепцией, которая настолько понятна, что не нуждается в описании. Автору неизвестны какие-либо официальные определения тех времен, но можно предположить, что терминология и способ ее применения подразумевали использование некоей концепции безубыточности.

Анализ безубыточности представляет собой, по сути дела, то, что мы можем назвать одномерным процессом. Он основан только на финансовых параметрах. Цены, учитывающие металлургическое извлечение, сравниваются с соответствующими затратами. Проще говоря, если содержание минерализованного материала достаточно, чтобы полученный доход покрыл затраты на его добычу, извлечение металла и продажу, он классифицируется как руда. Более подробно безубыточность обсуждается в главе 3.

Несмотря на свое широкое использование в промышленности, безубыточность является очень ограниченной моделью бортового содержания. В частности, она не учитывает ни геологическое строение, в том числе распределение содержания полезного продукта в минерализации, ни производственные мощности рудника и обогащательной фабрики. Не может не прийти в голову вопрос о том, как модель бортового содержания, игнорирующая геологическое строение и производственные мощности предприятия, может быть полезной? Ответ заключается в том, что простая модель безубыточности может быть полезной только при условии, что она используется в пределах ограничений результатов более общей модели, однако в реальной практике простая модель безубыточности — это все, что используется большинством горных предприятий. Как можно видеть, это приводит к разработке таких горных планов, которые почти гарантируют, что компания не достигнет установленных целей. В самом деле, нет никакой гарантии, что из рудного тела, оконтуренного по безубыточному бортовому содержанию, определенному в соответствии со стандартной промышленной практикой, можно получить хоть какую-то прибыль. Использование безубыточного бортового содержания, вероятно, является основной причиной того, что горнодобывающие компании не обеспечивают для акционеров доход, соответствующий повышению цен на металлы в последние годы².

В теории бортового содержания произошли некоторые положительные сдвиги после публикации малоизвестной работы по практическим методам контроля содержаний

2. Автор не выполнял каких-либо исследований, чтобы обосновать данный комментарий, а рассказывает о жалобах аналитиков на нескольких конференциях в последние годы, сведения о которых приводятся на различных новостных сайтах, связанных с горнодобывающей промышленностью.

(*grade control*) в золотодобывающей отрасли ЮАР в конце 40-х годов 20 века (Mortimer, 1950). В этой работе обсуждается то, что автор называет *оценкой Мортимера*. Её можно рассматривать как двухмерную модель бортовых содержаний. Наряду с финансовыми аспектами безубыточности, она доказывает необходимость учета геологических условий добычи и типа минерализации, выраженных во взаимосвязи тоннажа и содержания руды с бортовым содержанием. Этим обеспечивается не только удовлетворение условий безубыточности, но также обоснованное оконтуривание рудного тела, которое позволяет достичь получения заданной прибыли. Оценка Мортимера обсуждается более подробно в главе 4.

Кен Лейн опубликовал первоначально в технической статье (Lane, 1964), а позже в учебном пособии (Lane, 1988, 1997) то, что в течение многих лет оставалось самым передовым достижением в оптимизации бортового содержания.

Продолжая аналогию с размерностью пространства, метод Лейна можно описать как трехмерный процесс. Наряду с финансовыми и геологическими параметрами принципа безубыточности и подхода Мортимера, Лейн учитывает производственные мощности системы для переработки трех классов материала: горной массы, руды и готового продукта. Логическое обоснование этой классификации материалов является фундаментальным для всех последующих определений бортового содержания и более подробно описано в главе 2.

Лейн разработал свою теорию, используя строгие математические правила. В результате обсуждений с горными специалистами ряда компаний и стран, автор понял, что огромное большинство горных инженеров и геологов, которые попытались прочитать и понять Лейна, сдались, когда дело дошло до математических выкладок его формул. Однако эти формулы можно вывести и логически (может быть, не так строго), не прибегая к сложной математике. Этот процесс и другие важные аспекты метода Лейна описаны в главе 5, в которой автор сделал попытку «пролить свет» на этот метод.

Лейн и другие исследователи в этой области в 70-80-х годах XX века ввели ряд новых концепций в теорию бортового содержания, которые также описаны в главе 5. Стоит отметить концепцию сбалансированного бортового содержания, которая обеспечивает, чтобы два из трех компонентов производственной системы (горная масса, руда и готовый продукт) работали с полной мощностью. Сбалансированное бортовое содержание является функцией только геологических условий и производительности фабрики и совсем не связано с затратами и ценами. Часто такое бортовое содержание является оптимальным для применения. Другими словами, оптимальное бортовое содержание может иногда совершенно не зависеть от цен и затрат. Это является открытием для многих, кто сталкивается с этим в первый раз после того, как в течение всей своей трудовой жизни считал, что бортовое содержание и безубыточность являются синонимами. Также стоит отметить концепцию альтернативных затрат, которая всегда неявно использовалась в промышленности. Например, понятно, что можно вести добычу при нулевой рентабельности, чтобы «загрузить фабрику» при нехватке добываемой руды. Также известно, что этот метод работает только до тех пор, пока материал с низким содержанием не начинает замещаться рудой с более высоким содержанием. Альтернативные затраты количественно определяют предел, до которого такая замена может быть экономически выгодной. В методе Лейна это учитывается автоматически в процессе оптимизации бортового содержания.

С появлением мощных компьютеров, начиная с 90-х годов XX века, полная оптимизация стратегии рудника все чаще становится целью горных планов и разработчиков

горного программного обеспечения³. Она может быть представлена в виде многомерного анализа, в котором теоретически учитывается всё. Все значения переменных стратегических решений могут быть оптимизированы, принимая во внимание неконтролируемые проектные экономические, финансовые, социальные и геологические параметры в будущем. Параметры для принятия решений включают (хотя и не ограничиваются этим) такие позиции, как бортовое содержание, производительность различных стадий производственного процесса (в том числе нескольких обогатительных фабрик), порядок отработки и календарный график работ для очистных забоев, выемочных блоков, карьеров и отдельных рудников, продукты и их смеси, а также формирование отвалов. Все эти параметры могут изменяться во времени или по местоположению, или по тому и другому вместе.

В принципе, если что-то можно описать, то это можно и смоделировать, и включить в анализ и оценку. Единственными ограничениями являются вычислительная мощность, а также воображение и изобретательность оценщика при выявлении важных параметров, взаимосвязей между ними и соответствующих простых, точных и эффективных способов их моделирования в пределах ограничений метода оценки и используемого программного обеспечения.

Во всех моделях бортового содержания, используемых для оптимизации стратегии, все параметры, кроме бортового содержания, предполагаются предварительно заданными, а бортовое содержание определяется для данного случая. При оптимизации стратегии бортовое содержание — это только одно из многих решений, которые необходимо принять, и оно оптимизируется вместе со всеми другими решениями. В главе 6 описаны принципы, лежащие в основе оценки полной оптимизации стратегии, и стандартные процессы, связанные с этим.

Обычно горному планировщику доступно определенное число моделей бортового содержания. В зависимости от используемого способа определения бортового содержания, для того, чтобы данный метод работал, иногда могут оказаться необходимыми сложные допущения в отношении некоторых входных параметров. Возможно, что при этом часть важных параметров может учитываться неадекватно. Это обычно является сигналом того, что модель бортового содержания используется некорректно, и необходима более многомерная модель для отражения реальных сложностей ситуации. В главе 7 рассматривается случаи, когда могут использоваться особые модели бортового содержания, и как они включаются в общий процесс горного планирования.

ВЫПОЛНЕНИЕ ОЦЕНОК БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИЙ

В первой части этой книги рассматриваются принципы, лежащие в основе все более усложняющихся моделей определения бортового содержания и оптимизации стратегии. Во второй части описаны специфические аспекты работ, связанных с этими процессами.

В главе 8 детально описаны входные параметры, необходимые для оценки полной стратегии оптимизации. Обсуждается ряд практических аспектов, связанных с разработкой и использованием моделей оценки и оптимизации.

3. Полная оптимизация стратегии, однако, еще остается слишком большой проблемой для существующей и пока что ожидаемой мощности компьютеров. Несмотря на уже достигнутый значительный прогресс, мы пока еще только рассматриваем частные задачи общей проблемы, или моделируем общую проблему слишком приближенно, или же работаем над маленькими простыми проблемами.

На начальной стадии работ необходимо выбрать соответствующий идентификатор для содержания полезного компонента. Это — значение, которое присваивается каждому блоку породы, чтобы описать его ценность относительно других блоков, т.е. это число, которое говорит нам, что «этот кусочек» более ценен, чем «тот». Обычно для этого используются фактические содержания металла, эквивалентные содержания и денежные эквиваленты; однако определение эквивалентов не всегда бывает необходимым, и более подходящими могут оказаться другие измерители ценности. В главе 9 описано, как можно получить альтернативные идентификаторы содержания и как выбрать из них самый лучший.

В главе 10 описаны некоторые критерии, которые можно использовать, чтобы оценить, что стратегия А лучше, чем стратегия В. Если главный показатель — поток наличности, то параметры, которые количественно оценивают его генерирование, такие как чистая приведенная стоимость (NPV) и реальная стоимость опционов (ROV), должны стать ключевыми для любой оптимизационной стратегии. Бортовые содержания и другие составляющие эксплуатационной стратегии должны способствовать максимизации вышеуказанных основных параметров. У многих других компаний имеются свои интересующие их критерии, поэтому они готовы принимать более низкую величину NPV, чтобы улучшить эти параметры. В главе 10 также обсуждаются некоторые другие альтернативные критерии. К сожалению, можно видеть, что во многих случаях эти другие критерии используются как суррогаты денежного потока; однако многие из них не коррелируют с потоком наличности, а в других случаях фактически наблюдается обратная корреляция. Популярная мера оценки «количество унций металла в запасах» является одним из таких параметров, которому уделяется много внимания со стороны высшего руководства и аналитиков отрасли, но который имеет отрицательную корреляцию с генерированием потока наличности, что очень просто продемонстрировать. Другими словами, чем больше унций металла в запасах руды, тем меньше денежной наличности, и наоборот. В главе 10, наряду с описанием различных параметров оценки, также описано, как каждый из них коррелирует с генерированием потока наличности.

В главе 11 описаны альтернативные методы определения некоторых из этих параметров оценки. Далее в главе 12 рассматривается, как можно применить методы оптимизации для достижения комплексных корпоративных целей, а не только, например, для максимального увеличения NPV или другого экономического показателя. В частности, обсуждается принятие компромиссного решения между максимизацией выгоды в результате правильно сделанных предположений о будущих условиях, таких как цена, и минимизацией риска убытков при неправильных прогнозах.

В главе 13 кратко обсуждаются некоторые методы оптимизации стратегий. Ее основная задача — не заменить собой подробное описание исследований производственной деятельности или алгоритмов для частных случаев, а кратко обсудить некоторые наиболее часто используемые методы с точки зрения их преимуществ и недостатков. Все они полезны, но ни один не может гарантированно дать правильный ответ. Оценщику проекта вполне можно посоветовать использовать комбинацию этих методов, чтобы сильные стороны одного метода компенсировали недостатки другого.

Глава 14 посвящена некоторым заблуждениям и возражениям в отношении различных аспектов определения бортового содержания и оптимизации стратегий. В главе 15 обобщены основные темы, рассмотренные в предыдущих главах, а также определены некоторые фундаментальные задачи, которые горной промышленности предстоит решить в будущем.

И, в заключение, в приложении дано несколько практических примеров, которые показывают, как многие описанные принципы и практические методы используются для выявления оптимальных стратегий и как увеличивается стоимость, полученная в результате применения каждого из них.

ОБЩАЯ ТЕРМИНОЛОГИЯ И ИСПОЛЬЗУЕМЫЕ ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

Стратегический горный план

На протяжении всей этой книги, если иное не подразумевается из контекста⁴, *горные работы*, *горный план* и подобные термины связаны с общим процессом извлечения минерализованного материала из земных недр и доставки готового продукта в пункт продажи. Эти термины, связанные с горными работами, предположительно включают:

- бурение, взрывание, погрузку, откатку и процессы, обычно связанные с рудником при добыче руды и выемке сопутствующей пустой породы;
- обогатительные процессы переработки руды для извлечения ценного продукта (продуктов) на обогатительной фабрике или установке;
- процессы плавки, рафинирования или сходные процессы последующей обработки для добавления стоимости уже товарному продукту (такие, как плавка концентрата цветных металлов), если на объекте работ или в компании имеются соответствующие средства для этого;
- транспортировка всех полученных продуктов в пункт продажи, учитывая физические или рыночные ограничения на объем продукции, который может быть перевезен или продан на рынке.

Причина использования информации обо всех этих процессах заключается в том, что оптимизация корпоративного бизнес-плана для проекта или нескольких проектов должна учитывать полный производственный цикл — от обнаружения минерализации и ее описания геологами до конечной стадии продажи продукции и получения прибыли. На практике возможно ограничить оценку до единственной части процесса, такой как рудник, и предположить, что все остальные процессы не будут меняться в реальности, но такая субоптимизация компонентов комплексного процесса не может гарантировать получение наилучшего общего решения. Это можно делать, только если весь процесс рассматривается совместно в одном интегрированном процессе оптимизации.

Значительный объем первой части данной книги, однако, будет посвящен непосредственно выбору бортового содержания и, в основном, сосредоточен на видах работ, связанных с рудником. Подразумевается, что параметры, связанные с процессами за пределами рудника, будут рассматриваться как заданные, тем не менее они будут введены в определение бортового содержания соответствующими способами, и необходимость в одновременной оптимизации всего производственного процесса станет очевидной.

Бортовые содержания (cut-offs)

Термин *бортовое (содержание)* или *борт* может использоваться как прилагательное и существительное. Более полно он определен в главе 2.

Политика использования бортового содержания относится к планируемой последовательности бортов при эксплуатации месторождения с течением времени. Этот термин отражает тот факт, что наилучшее бортовое содержание редко остается неизменным в течение срока работы предприятия, даже если такие позиции, как затраты и цены продукта, остались неизменными.

4. Основным исключением является использование термина «горные работы» в отношении к четко определенной части производственного процесса при обсуждении метода Лейна для определения бортовых содержаний в главе 5.

Содержание полезного компонента (grade) обычно используется для определения параметра, характеризующего относительную ценность блока породы. Это может быть содержание металла в монометаллическом месторождении, или эквивалентное содержание металла, или денежная мера ценности в полиметаллическом месторождении. Таким образом, в этой книге, в общем, нет отличия между такими терминами, как *бортовое содержание*, *бортовая стоимость* или *борт* сам по себе. При любом обсуждении, где отличие между фактическими содержаниями металла и другими идентификаторами содержания или мерами ценности является важным, оно будет дополнительно объяснено. На практике, конечно, бортовое содержание должно быть выражено в совершенно определенных единицах, чтобы было ясно, какое содержание или другая мера его ценности, должны сравниваться, чтобы отличить руду от пустой породы.

Руда и запасы

Термины *рудное тело*, *запасы* и тому подобное используются в понятийном смысле, а не в соответствии со строгими определениями, указанными в Кодексе JORC (Австралийский (Австралоазиатский) Кодекс отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и запасах руды), NI 43-101 (Национальный стандарт Канады), SAMREC (Кодекс ЮАР для составления отчетов о минеральных ресурсах и рудных запасах) и аналогичных кодексах для официально опубликованной отчетности. Процессы определения бортового содержания и оптимизации стратегий, описанные в этой книге, являются внутренними для компании, выполняющей оценку, когда обязательное использование такой терминологии не требуется законом или внешними кодексами практических правил. Этот процесс выполняется до подготовки официального отчета о запасах, в соответствии с кодексом страны, где он публикуется. Данные процессы обычно включают установление определенного числа вариантов потенциальных запасов при различных бортовых содержаниях, одно из которых в конечном итоге сформирует основу для горного плана рудника, в котором обосновываются официально опубликованные запасы.

Поскольку в этой книге обсуждаются процессы определения бортового содержания, что потенциально ведет к публикации отчета о запасах, то *руда* здесь имеет особое значение, которое существенно отличается от определений, данных в кодексах отчетности о запасах. Это понятие более полно определяется в главе 2, наряду с терминами *горная масса* и *продукт*, но на данный момент может рассматриваться как минерализованный материал с содержанием выше бортового или такой, который предназначен для подачи с помощью горных процессов на обогатительную фабрику для переработки, в соответствии с рассматриваемым частным случаем. Однако следует отметить, что определенные категории ресурсов: оцененные (*measured*), выявленные (*indicated*) и предполагаемые (*inferred*) обычно используются при планировании многими компаниями, и ничто здесь не должно указывать на то, что это неправильно или не рекомендуется. В действительности все совсем наоборот, поскольку определения для этих терминов несут в себе общепринятую информацию, лежащую в основе геологических данных и других факторов.

Всегда целесообразно следовать такой политике компании, которая устанавливает ограничения на использование, например, оцененных или выявленных ресурсов в конечных планах; однако нет необходимости ограничивать исследования достоверности этих категорий во время разработки горных планов. Должна использоваться вся имеющаяся информация, независимо от того, к какой категории она относится, а также полученная с применением другого критерия определенности. Очевидно, что при этом следует учитывать различные уровни точности и определенности, связанные с каж-

дям элементом набора данных⁵. Это, конечно, даст возможность разработать некоторые планы, используя только оцененные и выявленные ресурсы, а другие — с использованием всей известной минерализации. Это поможет определить, будут ли отличаться стратегии, если в будущем будет подтверждено или опровергнуто существование материала с низким уровнем достоверности и, соответственно, установить, насколько важно провести разведочные работы как можно скорее.

Единицы измерения

Международная система мер (СИ) и связанные с ней единицы измерения повсеместно используются в книге, хотя также применяются некоторые единицы измерения, не принадлежащие системе СИ, но широко используемые в промышленности. Ключевые единицы измерения и соответствующие сокращения, использованные в данной книге, включают следующее:

- Масса — тонны (т), обычно для измерения количества горной массы, руды и породы, но также и для количества цветных металлов; унции (унц) — обычно для количества драгоценных металлов.
- Длина — метры (м).
- Объем — кубические метры (м³).
- Плотность/объемный вес — тонны на кубический метр (т/м³). Следует обратить внимание, что удельный вес (или относительная плотность) представляет собой отношение плотности материала к плотности воды и, таким образом, является безразмерной величиной; однако в системе СИ плотность (объемный вес) и удельный вес в числовом выражении одинаковы.
- Содержание — граммы на тонну (г/т) — обычно для драгоценных металлов; проценты (%) — обычно для цветных металлов; частей на миллион (ppm, миллионная доля) — обычно для рассеянных элементов, загрязняющих веществ и вредных (штрафных) конечных элементов. При обсуждении общих принципов термин *единица содержания* (*gi*) используется для обозначения количества в числителе выражения, обозначающего содержание, при этом обобщенное содержание указывается в *единицах содержания на тонну* (*gi/t*).
- Извлечение — проценты (%).

Денежные суммы в основном выражаются в долларах.

5. В качестве отступления, автор настоятельно рекомендует, чтобы при внесении категорий ресурсов в геологические блочные модели они представляли собой только геологически достоверные данные. Для любых целей планирования горных работ настолько же важно знать степень достоверности характеристик материала с низким содержанием, как и для материала с высоким содержанием; однако нередко обнаруживается, что материалу с содержанием ниже бортового присвоен код категории ресурсов, который определяет его как пустую породу, и только материал с содержанием выше бортового содержания ресурсов классифицирован как оцененные, выявленные, предполагаемые ресурсы и т.д. Такая практика, по сути, уничтожает любые данные о геологической достоверности материала с низким содержанием, без какого-либо соответствующего приобретения, которое бы компенсировало эту потерю информации. Является ли данный материал ресурсами или нет, можно оценить по бортовому содержанию: отдельный идентификатор пустой породы является излишним. Извлечение определенного количества ресурсов различных категорий для отчетности, таким образом, не снижается благодаря использованию кодов категорий ресурсов, определяющих только геологически достоверный материал. Это просто вопрос применения одновременно двух важных характеристик, которые определяют, попадает ли материал в одну из различных категорий ресурсов, — его геологическая достоверность и содержание относительно бортового содержания ресурсов. В самом деле, при снижении бортового содержания, рекомендуемый порядок действий упрощает дело, необходимо только повторить процесс отбора данных с новым бортовым содержанием. Нет необходимости повторять обработку данных, чтобы определить геологическую достоверность, если не появилась новая геологическая информация, которая меняет уровень достоверности.

При выражении содержания в виде денежных единиц используется термин долларовая стоимость (стоимость в \$), а в качестве единицы измерения обычно используются доллары на тонну (\$/т).

Факторы стоимости, варианты и сценарии

Термин *фактор стоимости (value driver)* используется для определения параметра, оказывающего основное влияние на ценность проекта. Факторы стоимости будут описаны более подробно в главе 6 и далее, а на данный момент их можно оценить при помощи таких показателей, как «производительность» и «цены на металл». Два приведенных здесь примера также относятся к различным классам факторов стоимости:

1. Те из них, для которых компания может задать стоимость или исходные параметры, как, например, производительность или используемые методы процесса обогащения, называются *вариантами*.
2. Некоторые из них компания не может контролировать или для их определения не имеется адекватных знаний. Цены на металл, например, определяются обычно на основании прогноза будущих условий и фактически неизвестны во время выполнения оценки. С другой стороны, определенные виды затрат или технологическое извлечение не выбираются как вариант, но могут быть неопределенными во время выполнения оценки. В обоих случаях при оценке может потребоваться учет всех возможных альтернативных значений. Они называются *параметрами сценария*.

Термин *случай (case)* используется для определения полного набора спецификаций всех величин, используемых для всех факторов стоимости, как для вариантов, так и для сценариев, при одной частной оценке.

Термины *факторы затрат (cost drivers)* и *факторы дохода (revenue drivers)* будут использоваться для таких позиций, как количество руды и продукта, которые обычно являются производственными результатами стратегических решений, принятых в отношении различных факторов стоимости, относящихся к классу вариантов.

ЧАСТЬ 1

РАЗВИТИЕ ПОНИМАНИЯ
ТЕОРИИ БОРТОВОГО
СОДЕРЖАНИЯ —
ОТ ПРОСТОЙ ТОЧКИ
БЕЗУБЫТОЧНОСТИ
ДО ПОЛНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ



ГЛАВА 2

Определение основополагающих принципов

ВВОДНЫЕ КОММЕНТАРИИ

До того, как начать обсуждение бортового содержания и оптимизации стратегии горных работ, необходимо дать определение основополагающим принципам и терминам. В каждой специализированной отрасли есть уникальный набор терминов, имеющих конкретное значение в своем контексте. Зачастую это общепринятые термины, которые для непрофессионала имеют более широкое, разговорное значение, и разница между обычным и специальным значением часто служит источником путаницы. Специалисты, которые попеременно используют оба значения в зависимости от контекста, только усугубляют ситуацию. Определение «бортового содержания» не является исключением. К. Лейн (Lane, 1988, 1997) предложил специальные определения бортового содержания для нескольких распространенных терминов в горнодобывающей промышленности. После нескольких лет обсуждений с техническими специалистами из разных стран и компаний разница между некоторыми терминами (но не всеми) стала более понятной. В данной главе представлен ряд терминов бортового содержания и оптимизации стратегии со специальными их значениями так, как они использованы в этой книге. Многие вопросы, освещаемые здесь, будут более подробно рассматриваться в последующих главах.

ЧТО ТАКОЕ БОРТОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ?

Значительная доля недопонимания вокруг бортового содержания часто возникает из-за неумения четко определить, *что* именно представляет из себя этот термин, *как* и *почему* его рассчитывают. В частности, часто путают «что» и «как». В связи с этим важно различать определение термина бортового содержания, его назначение и расчет.

Определение

Бортовое содержание — это всего лишь число, обозначающее точку между двумя альтернативными способами действия. Материал с содержанием выше бортового перерабатывают одним способом, а материал с содержанием ниже бортового — другим. В частности, бортовое содержание необходимо, чтобы отличить руду от пустой породы: материал с содержанием выше бортового — это руда, с содержанием ниже бортового — пустая порода¹.

Разумеется, бывают разные бортовые содержания. Еще один вариант применения бортового содержания — для штабелей руды, которую перерабатывают не сразу, а через некоторое время после добычи. Такую руду часто разделяют на несколько категорий, например, с высоким, средним и низким содержанием, с учетом ценности или количества основного металла, и/или с учетом содержания вредных компонентов. Другое бортовое содержание, обычно называемое «*бортовое содержание для переработки*» (*cut-over grade*), делит руду на части, перерабатываемые разными способами. Обычно богатая руда направляется на переработку высокочрезвычайно затратным способом с высоким извлечением, а бедная руда направляется на переработку низкочрезвычайно затратным способом с низким извлечением.

Назначение

Назначение бортового содержания — это достижение неких экономических или финансовых целей, например, обеспечение рентабельности, получение максимальной ценности и т.д. От месторасположения месторождения также могут зависеть различные социальные цели, например, максимальное увеличение срока эксплуатации или занятости в регионе, а также объем налогов, выплачиваемых государству. Также вне зависимости от месторасположения месторождения все более важное значение приобретают максимальное уменьшение вреда, наносимого окружающей среде, и сокращение выбросов парниковых газов; эти принципы становятся стандартом ведения бизнеса в горнодобывающей промышленности. Согласно законодательству многих стран, компании должны работать в интересах своих акционеров. В большинстве случаев это означает активное увеличение денежного дохода. Тем не менее достижение различных социальных целей может иметь важное значение для получения так называемой «социальной лицензии на деятельность», что является ключевым условием для осуществления данного проекта, и следовательно, работает в интересах акционеров. Другие цели, поставленные компаниями или аналитиками, на первый взгляд являются просто промежуточными шагами для генерирования прибыли, но многие в действительности таковыми не являются. Общие цели представлены более подробно в Главе 10.

Разумеется, бортовое содержание, способствующее достижению одной цели, не обязательно способствует достижению других. Поэтому крайне важно, чтобы цели обоснования бортового содержания (и других стратегических параметров) были определены до начала их расчета, однако на практике это зачастую происходит не так.

Метод определения

Уже очевидно, что существует несколько способов расчёта показателя, используемого как бортовое содержание. Часто используют расчеты порога рентабельности, которые

1. Иногда возникает вопрос, следует ли классифицировать материал с содержанием, равным бортовому, как руду или пустую породу, но это зависит от того, как были рассчитаны содержания в породе и бортовое содержание, и что они определяют, а также какие цели преследует их использование. Этот вопрос рассматривается в последующих главах, где представлены разные методы расчета бортовых содержаний.

подробно описаны в Главе 3. Методология Лейна используется на некоторых производствах с открытым способом добычи, а также на небольшом количестве подземных рудников, хотя ее применение там часто затруднительно. Этот вопрос более подробно рассматривается в Главе 5. Методологию Лейна можно использовать в современных программах электронных таблиц. Она также встроена в некоторые коммерчески доступные пакеты ПО для оптимизации стратегии.

Оптимизация полной стратегии является, возможно, другим основным процессом, определяющим значение бортового содержания. Этот вопрос будет рассмотрен в Главе 6. Как уже отмечалось в Главе 1, бортовое содержание не следует рассчитывать как какую-то фиксированную цифру (возможно, просто как точку безубыточности или предел рентабельности) для будущего планирования, а наоборот, политика бортовых содержаний должна быть результатом процесса планирования.

Предупреждение относительно терминологии

В данной книге «бортовое содержание» означает всего лишь число, тогда как «точка безубыточности» является общим термином, описывающим метод расчета. В ряде компаний используют другую терминологию, когда под «бортовым содержанием» подразумевают и число и общий термин, обозначающий метод расчета, который в данной книге называется «расчетом точки безубыточности». В некоторых компаниях термин «точка безубыточности» (или «порог рентабельности») используют для определения некоей совокупности затрат, включаемой в расчет безубыточных бортовых содержаний. Такое использование терминологии фактически подразумевает, что расчет точки безубыточности является единственным правильным способом определить величину, используемую как бортовое содержание, поскольку метод расчета включен в значение этого термина согласно определениям, закрепленным в руководствах по политике бортовых содержаний таких компаний.

В данной книге термин «безубыточное бортовое содержание» используется для описания бортового содержания, величина которого была определена в результате расчета порога рентабельности. Некоторые безубыточные бортовые содержания включают «маргинальное безубыточное бортовое содержание» и «безубыточное бортовое содержание с учетом всех затрат». Этот вопрос более подробно рассматривается в Главе 3.

КЛАССИФИКАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ

Чтобы точно определить бортовое содержание, необходимо правильно распределить затраты и определить производительность производственной системы. Сначала необходимо обозначить ключевые факторы, влияющие на затраты. Лейн (Lane, 1988) вводит эти концепции в своей теории бортовых содержаний, которая более подробно описана в Главе 5. Однако эти понятия имеют существенное значение для полного понимания всех типов бортовых содержаний, поэтому их описание дано здесь.

Сам термин «бортовое содержание» указывает на необходимость классификации используемого типа материала. Содержание в самой простой форме представляет собой соотношение между количеством продукта (полезного компонента) и количеством руды или горной массы, в которой он содержится. Основное назначение бортового содержания — отделить руду от всего породного массива, то есть понять, где руда, а где нет. Таким образом, теория и практика бортового содержания имеют дело с тремя классами материала: горная масса, руда и продукт.

Горная масса

В данной книге термин «горная масса» означает весь добываемый материал до того, как его разделили на руду и пустую породу, другими словами, — это общий объем пустой породы (waste) и руды.

При открытом способе добычи горная масса обычно представляет собой весь материал, добываемый и транспортируемый из карьера. Упрощенно, когда материал доставляют на край карьера, его разделяют на руду и пустую породу, самосвал, везущий породу, отправляется на отвал, а руда — на обогатительную фабрику или в штабель для переработки либо сразу, либо по истечении какого-то времени.

При подземной добыче горная масса обычно представляет собой весь минерализованный материал. Его можно оконтурить геологическими границами, например, границей литологической единицы, содержащей оруденение. С другой стороны, минерализованный материал можно оконтурить с помощью ограничивающего содержания, которое представляет собой самое низкое из возможных бортовых содержаний при очень оптимистичных экономических условиях.

При подземной добыче горную массу делят на руду и пустую породу специалисты по планированию горных работ, которые проектируют очистные блоки, где материал в установленных границах добывается как руда, а оставшийся материал остается на месте залегания как пустая порода. Общая классификация подготовительных работ по руде или пустой породе за счет капитальных или эксплуатационных затрат не связана с теорией бортовых содержаний. Важный вопрос для таких работ — это не содержание в добываемом материале и не то, как материал будет записан в бухгалтерских книгах компании. Здесь важнее, обеспечивают ли эти работы доступ к материалу, который затем можно извлечь, или же они требуются непосредственно для добычи руды? Классификация горно-подготовительных работ для расчета бортового содержания подробно описана в Главе 3.

Автору известно, что некоторые компании используют термин «горная масса», имея в виду то, что в данной книге называется «пустая порода». При разъяснении терминологии необходимо избегать путаницы. В данной книге при описании карьеров:

$$\begin{aligned} \text{Горная масса} &= \text{руда (перерабатываемая или складываемая в штабели)} + \text{пустая порода} \\ &= \text{весь извлекаемый материал} \end{aligned}$$

При подземной добыче горная масса, как упоминалось ранее, представляет собой весь материал в пределах минерализованной зоны, независимо от того, как он определен. Материал, добываемый подземным способом и классифицируемый как пустая порода или горная масса (waste или rock), в зависимости от местной терминологии, обычно добывается из крупных вскрывающих/подготовительных выработок, часто за пределами оруденения. Этот материал, однако, не является пустой породой в узком смысле, применяемом в теории бортовых содержаний. Он просто представляет собой результат подготовительной деятельности по обеспечению доступа к горной массе для последующей добычи содержащейся в ней руды.

Следует отметить, что горная масса, классифицируемая так «до разделения ее на руду и пустую породу», является логическим понятием, используемым при определении бортового содержания и оптимизации стратегии. На практике горную массу могут разделить на руду и пустую породу еще до начала горных работ, чтобы при необходимости применить различные методы добычи и разработать долгосрочный план. Однако при этом подразумевается, что бортовое содержание уже было использовано. Чтобы определить бортовое содержание, прежде всего необходимо рассмотреть общий породный массив как отдельную единицу до использования бортового содержания для его разделения.

Руда

Руда — это материал, предназначенный для переработки. Обычно это минерализованный материал, направляемый после рудоподготовки для переработки на обогательную фабрику. Руду могут перерабатывать одновременно с добычей или складировать для переработки позднее. Деятельность, связанная с рудой, может включать последовательность нескольких процессов.

Как указано в Главе 1, термин «руда» используется в данной книге согласно вышеупомянутому описанию и не соответствует строгому определению кодекса JORC (Австралийский (Австралоазиатский) Кодекс отчетности о результатах разведки, минеральных ресурсах и запасах руды), NI 43-101 (Национальный стандарт Канады), SAMREC (Кодекс ЮАР для составления отчетов о минеральных ресурсах и рудных запасах) и других подобных кодексов для составления отчетов о ресурсах и запасах. Расчет бортового содержания и оптимизация стратегии, представленные в данной книге, выполняются в рамках одной компании, проводящей оценку, когда строгое соблюдение подобной терминологии не требуется. Обычно эта оценка включает определение ряда категорий потенциальных запасов с разными бортовыми содержаниями, которые в итоге представляют основу для плана горных работ, который связан с публичным отчетом о рудных запасах.

Продукт

Продукт — это ценный материал, извлекаемый из руды. Обычно этот материал может быть охарактеризован в единицах содержания, например, содержание золота или меди выражают в унциях или граммах на тонну, или как процентное содержание. Однако это необязательно означает, что продукт для целей расчета бортового содержания является фактически производимым или продаваемым продуктом. Например, золотой рудник может производить и продавать золотые слитки, поэтому продукт рудника также является и продуктом для расчета бортового содержания. Однако при производстве цветных металлов продуктом для расчета бортового содержания будет металл, но продуктом, производимым и продаваемым на руднике, будет концентрат. На некоторых предприятиях может быть несколько переделов, где производится все более и более обогащенная форма продукта, например, медный концентрат, черновая медь, аноды и катоды.

При производстве цветных и драгоценных металлов продукт представляет собой относительно небольшой объем от руды, однако для кусковых материалов, таких как железная руда и уголь, разницы между продуктом и рудой может и не быть (руда и является продуктом). Если же имеет место процесс обогащения таких материалов, то продукт может представлять собой значительный объем от руды.

При рассмотрении вопросов в данной книге термины «продукт» и «металл» равнозначны. Если используется термин «металл», то это не исключает рассмотрение в данном контексте угля или других неметаллических продуктов. Термин «содержание металла» часто используется, чтобы отличить содержание, которое выражается в единицах продукта на единицу руды (например, граммы золота на тонну или процентное содержание меди), от другого общего содержания ценного материала в блоке породы.

Типы материала при открытом и подземном способе добычи

Следует отметить, что если при открытом способе добычи производственная деятельность связана с горной массой, которая впоследствии разделяется на руду и пустую породу, то при подземном способе добычи производственная деятельность обычно связана только с рудой. Как правило, исключения составляют подготовительные работы и создание инфраструктуры для нового выемочного блока: эту деятельность

можно рассматривать как вскрытие нового объема материала, из которого затем производят выемку руды, а пустую породу оставляют на месте залегания. Таким образом, основные вскрывающие/подготовительные работы являются в целом единственной деятельностью, которая связана с горной массой и используется для расчета бортового содержания при подземном способе добычи.

Руду на всех рудниках отделяют от пустой породы тем или иным способом. Однако бываю предприятия, где весь материал, добываемый открытым способом, представляет собой руду. Обычно это происходит, когда с учетом характеристик минерализации в карьере осуществляется выемка только того материала, содержание в котором выше заданного бортового содержания, а материал с более низким содержанием оставляют на месте залегания. В данном случае граница между рудой и пустой породой в общем массиве определяется при планировании отработки месторождения, при этом добычные работы (с точки зрения расчета бортового содержания и оптимизации стратегии) сходны с подземным методом добычи, хотя и осуществляются открытым способом.

КЛАССИФИКАЦИЯ ЗАТРАТ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ

Как упоминалось ранее, для точного определения бортового содержания необходимо классифицировать и распределить затраты. Мы определили три типа материала, с которыми работаем: горная масса, руда и продукт. Теперь мы определим, каково поведение затрат по отношению к каждому из них.

Факторы затрат

Хотя крайне важно разделять затраты, которые связаны с горной массой, рудой и с продуктом, но система учета эксплуатационных затрат не всегда это позволяет. Например, на обогатительной фабрике все затраты часто указываются как затраты на тонну руды, несмотря на то, что часть затрат относится к произведенному продукту, а часть возникает просто с течением времени независимо от количества руды и продукта. Возможно, необходимо вести более подробный учет для перераспределения затрат с учетом физических параметров, влияющих на них. Глава 3 содержит более подробное описание такой классификации затрат, в т. ч. при определении порога рентабельности.

Переменные затраты

Переменные затраты — это затраты, которые находятся в прямой зависимости от физической деятельности или количества переработанного материала. Удельные затраты, например, выраженные в долларах на тонну или долларах на унцию, являются точным выражением взаимоотношений и поведения затрат. На каждую дополнительно переработанную тонну или унцию материала требуется потратить определенную денежную сумму для выполнения действия.

Фиксированные (постоянные) затраты

Фиксированные затраты — это затраты, не зависящие от физической деятельности; они неизменны в любой момент времени на всех уровнях деятельности. Сумму фиксированных затрат за весь срок эксплуатации можно также считать переменной с точки зрения истекшего времени, а не физической величины, например, переработанных тонн. Фиксированные затраты часто выражают в долларах в год или в месяц. В свою очередь, правильное выражение фиксированных затрат описывает их поведение: в каждый дополнительный месяц или год производства требуется потратить указанную сумму в долларах вне зависимости от объемов производства.

Единовременные затраты

Единовременные затраты — это затраты, объем которых не зависит ни от времени, ни от физической деятельности. Как правило, за их счет ожидают получить некую техническую возможность, которая представляет собой объект основных средств, например, строительство или расширение части предприятия. Это могут быть также затраты на вскрышные и подготовительные работы. При подземном способе добычи — это затраты на вскрытие зоны оруденения, расположенной в стороне от основного участка добычи или, например, для удлинения выработки, обеспечивающей доступ к следующему подэтажному блоку. Хотя величину единовременных затрат можно рассчитать на основе похожего соотношения переменных затрат (например, количество метров, требуемых для горной выработки, помноженное на затраты на 1 метр), тем не менее эти затраты *не зависят* ни от тоннажа горной массы, руды или продукта, которые можно вскрыть, добыть или переработать, ни от потраченного времени. Затраты на подготовку нового подэтажного блока не зависят ни от объема вскрытого материала (или минерализованной части горной массы), ни от объема руды в горной массе (это может быть сплошное оруденение, или полное отсутствие руды, или промежуточный вариант), ни от скорости работ.

Некоторые единовременные затраты зависят от объема горной массы, руды или продукта. Затраты на строительство обогатительной установки с конкретной производительностью, разумеется, будут меньше, чем затраты на установку с производительностью в два раза выше. Однако это будут затраты на приобретение дополнительной возможности или альтернативных возможностей, а не затраты на фактическую переработку. Далее в этой главе мы продолжим обсуждение капитальных затрат. Вопросы различных производственных возможностей рассмотрены в Главах 5 и 8.

Поведение других затрат

Не все затраты ведут себя линейно, их не всегда можно разделить на постоянные и переменные компоненты. Может иметь место плавная нелинейная зависимость между потраченными деньгами и физической деятельностью либо ступенчатые изменения на некоторых уровнях. Подобные типы поведения представлены более подробно в Главе 8. На данном этапе обсуждения достаточно понимать, что, по сути, для различных моделей бортового содержания затраты должны быть либо фиксированными (постоянными), либо переменными. Какой бы ни была истинная зависимость затрат от деятельности, эта зависимость будет иметь некую форму, по которой можно будет принять решение, являются ли эти затраты переменными или фиксированными.

Проектные капитальные затраты и капитальные затраты на поддержание производства

Различие между капитальными и эксплуатационными затратами с точки зрения бухгалтерского учета в целом не имеет значения для расчета бортового содержания. Эти классификации были разработаны финансистами для использования в государственных бухгалтерских отчетах по тем же причинам, по которым кодексы для подготовки отчетов делят минеральные ресурсы и рудные запасы на категории. Эта классификация затрат, однако, вводит в заблуждение при расчете бортового содержания. Важно то, как ведут себя затраты, и что они обеспечивают. Однако следует отметить, что когда оценка бортового содержания проводится после уплаты налогов, следует придерживаться классификации капитальных и эксплуатационных затрат, чтобы удержания разных налогов и налоговые расходы были рассчитаны и применены должным образом.

Для определения бортового содержания и оптимизации стратегии, тем не менее, необходимо определить два типа капиталовложений: капитал на поддержание производства и проектные капитальные затраты.

Капитал на поддержание производства позволяет поддерживать существующие возможности предприятия. Это регулярные, постоянные затраты, например, на замену парка оборудования или установок, которые можно рассматривать как периодические затраты на техническое обслуживание. Для поддержания существующих основных средств нет большого различия между заменой масляного фильтра каждые 50 часов (эксплуатационные затраты) и заменой самосвала целиком через каждые 50 тыс. часов его работы (капитальные затраты). Капитал на поддержание отдельной установки или комплекса технологического оборудования / транспорта можно рассматривать как «единовременные» или нерегулярные затраты на техобслуживание, которые в силу своей структуры, а не поведения, классифицируются бухгалтерами как капитальные, а не эксплуатационные затраты.

Капитальные затраты на поддержание обычно включают в расчет бортового содержания так же, как и эксплуатационные затраты, ведущие себя схожим образом, т.е. как переменные или фиксированные затраты. Поскольку капитальные затраты на замену основных средств носят нерегулярный характер для любых активов, то в последующие годы для приобретения различного оборудования будет использоваться капитал на их поддержание. Компании часто составляют программы по замене оборудования таким образом, чтобы итоговые потраченные суммы оставались относительно одинаковыми. Иногда это приводит к тому, что капитал на поддержание рассматривается как фиксированные затраты, но в действительности этот капитал покрывает затраты, связанные с износом оборудования в результате добычи и переработки руды. Эта запланированная деятельность обычно повторяется из года в год, так что капитал на поддержание выглядит как регулярные фиксированные (постоянные) годовые затраты. Однако если объемы производства увеличатся или уменьшатся вдвое, капитал на поддержание также будет увеличиваться или уменьшаться, поскольку оборудование будет изнашиваться быстрее или медленнее. Поскольку при расчете бортового содержания и оптимизации стратегии часто рассматривается вопрос изменения темпов производства, необходимо тщательно разобраться, от каких факторов будет зависеть капитал на поддержание. Обычно большую часть или все фиксированные затраты необходимо перевести в переменные затраты с учетом текущего уровня производства, чтобы можно было учесть разницу в объеме производства в каждый период времени.

Проектные капитальные затраты — это затраты на покупку дополнительной производственной возможности, например, увеличение мощности фабрики, дополнительный самосвал и т.п., а также затраты на повышение качества продукта. Как правило, это затраты, производимые единовременно, хотя, как мы видели выше, иногда их можно представить, как переменные затраты. Понесенные единовременные затраты не зависят от объемов добытой руды, а скорее «покупают» возможность сделать что-то иначе в используемом процессе.

Согласно этому определению, проектные капитальные затраты нужны не для «проектов», которые выполняются в рамках текущего плана капитальных затрат. Фактически значительная часть этих затрат будет являться капиталом на поддержание производства. Поскольку капитал на поддержание является обычными текущими затратами на эксплуатацию, решение об осуществлении проектных затрат зависит от разницы в стоимости плана горных работ без таких капитальных затрат и с ними.

Существует и другая точка зрения на этот вопрос. Например, замена самосвала — это текущие затраты на продолжение производства с запланированной производительностью. Предполагается, что рудник продолжит работать с определенной производительностью, однако это не обязательно.

Можно показать, что наоборот, если базовый вариант не включает затраты на замену оборудования, а вместо этого допускается падение производительности из-за износа и снижения работоспособности стареющего оборудования, то производительность может упасть до нуля, когда оборудование просто перестанет работать. При таком сценарии замена самосвала классифицируется как статья проектных затрат, когда цель заключается в предотвращении сокращения объемов производства или полной его остановки, что оправдывает расходы. Но эту же логику можно применить и для замены масляного фильтра, которая обычно классифицируется как эксплуатационные затраты. Тут применим схожий образ мыслей: если масляный фильтр не заменить, то двигатель будет изнашиваться и откажет, а производство при этом остановится.

Это показывает, что на практике нет различия между капитальными и эксплуатационными затратами до тех пор, пока поведение затрат и связанные с ними другие предположения определены и постоянно учитываются.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ ДЛЯ ОТДЕЛЕНИЯ РУДЫ ОТ ПУСТОЙ ПОРОДЫ

Исходя из практики горных работ, существует несколько способов использования бортового содержания для определения границ рудного тела для последующей добычи и переработки руды. Часто, в связи с изменчивостью содержания полезного компонента в минерализации, представляется нецелесообразным добывать и перерабатывать только материал с содержанием выше бортового и классифицировать материал с содержанием ниже бортового как пустую породу. Обычно при использовании бортового содержания на практике некоторый объем материала с содержанием выше бортового исключают из запасов месторождения, одновременно включая туда некоторое количество породы с содержанием ниже бортового. Для этого не существует единого верного способа — каждый случай следует рассматривать отдельно. Одна из задач специалиста по оценке бортового содержания заключается в установлении правил, согласно которым бортовое содержание будут использовать для достижения корпоративных целей. В следующем разделе дано более подробное описание различных способов применения бортового содержания, однако это не означает, что они всеобъемлющие. Цель данного описания — установить базовые принципы, имеющие важное значение для информации, представленной в последующих главах.

Бортовое содержание для оконтуривания руды (boundary cut-offs)

Такое бортовое содержание применяют для определения границ между рудой и пустой породой в рудном теле, забое и т.п. В сущности, при этом учитывается только месторасположение границы указанного бортового содержания в породном массиве. Если при указанном бортовом содержании геологическая граница между рудой и пустой породой выглядит ровной, то правило использования такого бортового содержания достаточно просто — целесообразную границу добычи между рудой и пустой породой можно провести по геологической границе или контуру определенного граничного содержания полезного ископаемого. Если же геологическая граница в породе при указанном бортовом содержании выглядит неровной, то оконтуривающее бортовое содержание покажет, как следует расположить целесообразную границу по отношению к фактической границе. С одной стороны, согласно этому правилу, границы добычи должны располагаться полностью внутри геологической границы во избежание добычи материала с содержанием ниже бортового. С другой стороны, границы добычных работ могут располагаться за пределами геологической границы, чтобы извлечь весь материал с содержанием выше бортового. Между этими двумя крайни-

ми решениями может быть применено несколько правил, указывающих, как выбрать оптимальное соотношение между потерями и разубоживанием руды.

Если правило оконтуривающего бортового содержания применяется отдельно, то содержание в полученных очистных выработках, рудных телах и т. п. не принимается во внимание. В зависимости от распределения содержания в массиве, среднее содержание в руде может быть значительно или только слегка выше указанного бортового содержания. Применение только оконтуривающего бортового содержания не дает информации о содержании в оконтуренной руде. Нет гарантий, что эта руда соответствует конкретным целям компании, но в зависимости от распределения содержания металла в руде и заданного бортового содержания, это может иметь и положительное, и отрицательное значение. При низком бортовом содержании на конкретном оконтуренном участке, возможно, будет достаточно богатой руды для получения среднего содержания выше бортового, в то время как при высоком бортовом содержании добываемый материал может иметь лишь слегка более высокое содержание, чем бортовое. Если оконтуривающее бортовое содержание применить к содержанию в массиве (*in situ*), то с учетом последующего разубоживания итоговое содержание в добытом материале может быть даже ниже, чем использованное бортовое содержание.

Если не указано иное, то в контексте данной книги понятие «бортовое содержание» подразумевает собой именно «оконтуривающее бортовое содержание».

Объемное бортовое содержание (volume cut-offs)

Применение объемного бортового содержания позволяет избежать недостатков оконтуривающего бортового содержания, поскольку учитывает итоговое среднее содержание. Сначала применяют оконтуривающее бортовое содержание для получения исходного объема запасов для разработки месторождения. Объемы, например, отдельные блоки или участки в рудном теле, в которых среднее содержание ниже указанного объемного бортового содержания, затем исключают из общих запасов.

Объемное бортовое содержание не всегда равно оконтуривающему бортовому содержанию. Однако, по опыту автора, на предприятиях, где используется объемное бортовое содержание, для него обычно используется такое же значение, как и для оконтуривающего бортового содержания.

Правило объемного бортового содержания принимает во внимание факторы, не учитываемые оконтуривающим бортовым содержанием. В частности, если материал классифицируется как руда, может использоваться влияние уровня ее извлечения и разубоживания на тоннаж и содержание, чтобы изменить итоговое среднее содержание в материале или удельные затраты, учитываемые при определении бортового содержания.

Другие правила

В зависимости от характера оруденения возможно применение других правил для исключения материала с содержанием выше бортового, или наоборот, отнесения к запасам материала с содержанием ниже бортового. Например, можно использовать правило исключения ураганных значений содержаний, чтобы исключить небольшие объемы богатой руды, если они расположены на удалении от основной рудной зоны (зон), если отнесение данного материала к общим запасам не способствует росту прибыльности, а наоборот, снижает ее. С другой стороны, согласно правилам, иногда необходимо включать в отработку небольшие участки пустой породы или бедной руды в зоне, где ведется добыча, если в оставляемых целиках может накапливаться повышенное напряжение.

ПЛАНОВОЕ И РАБОЧЕЕ БОРТОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ

На большинстве горных предприятий применяют несколько бортовых содержаний. Они имеют разные цели и применяются в различных условиях. Для использования того или иного бортового содержания его необходимо точно определить и прописать принципы его применения в документации компании. Следует отметить, что существует крайне мало каких-либо стандартных правил, используемых во всей отрасли в целом, от компании к компании и от страны к стране. Последующие определения представлены ниже для единообразия терминологии, используемой в данной книге. Компании могут использовать другие термины и определения. Однако эти определения являются типичными и широко используются на горных предприятиях.

«Плановое бортовое содержание» используется для разработки горного плана и проекта рудника, а также в долгосрочных исследованиях, таких как технико-экономическое обоснование и исследования по разработке стратегии разделения руды и пустой породы. Оно определяет общую стратегию отработки месторождения².

«Рабочее бортовое содержание» ежедневно используется при ведении горных работ для принятия решения, где находится руда, а где — пустая порода. Из-за разнообразия рудных тел и нашей неспособности предсказать абсолютно точно, что нас ждет в руднике, не говоря уже о ценах на продукт, в краткосрочной перспективе необходимо и целесообразно использовать другое бортовое содержание, чем при долгосрочном планировании. Изменения должны быть в пределах контекста и ограничений общего плана, а также оптимального стратегического плана, включающего долгосрочное бортовое содержание. Однако следует понимать причины для изменения бортового содержания, и одной из задач краткосрочного и среднесрочного планирования должно быть возвращение к плановому значению бортового содержания. Рабочее бортовое содержание следует всегда рассчитывать с учетом планового содержания. Если этого не делать, то определение, что является рудой (и что нет), может сильно отклониться от оптимального, но в этих условиях изменить его будет очень сложно³. Этот вопрос более подробно освещен в Главе 3, где описаны риски безубыточных бортовых содержаний.

Несмотря на взаимосвязь, плановое и рабочее бортовое содержание отличаются друг от друга. Одно или другое могут иметь разную степень важности при разных способах добычи, однако их не следует путать. Например, при подземной отработке системами с открытым очистным пространством, плановое бортовое содержание будет иметь большее значение. Инженер-планировщик проектирует блоки согласно плановому

-
2. Плановое бортовое содержание можно рассматривать как автомагистраль или шоссе - это основной путь из точки А в точку Б. Если мы остаемся на шоссе, мы попадем в место назначения быстро и эффективно. В горнодобывающей промышленности это наиболее эффективный путь к достижению целей компании, какими бы они не были. Мы можем добраться до точки Б через объездные дороги, но потратим дополнительное время, бензин и т.п. Таким образом мы также сможем полностью отработать все рудное тело и остановить добычу, но если мы придерживаемся варианта с неоптимальной производительностью, бортовым содержанием и пр., мы достигаем цели компании менее эффективно. Мы бы потратили больше времени и денег или получили бы меньшую прибыль, чем могли. При этом как шоссе не может быть идеально прямым, поскольку его направление и уклон меняются в зависимости от рельефа и окружающей среды, так и мы предполагаем, что плановое бортовое содержание будет меняться со временем с учетом долгосрочных изменений, например, геологических и экономических условий.
 3. Если продолжить использовать метафору с шоссе, рабочее бортовое содержание можно рассматривать как полосу, по которой мы едем. Если мы видим, что поток впереди в нашей полосе замедляется, мы перестраиваемся в другую полосу, где движение быстрее, чтобы сохранить эффективное движение до места назначения. Мы едем по шоссе в правильном направлении, однако меняем полосы, когда появляются какие-то проблемы или заторы. При этом важно, чтобы при смене полос мы не потеряли общее направление или не оказались в ситуации, когда у нас нет выбора, кроме как съехать с шоссе.

бортовому содержанию, при этом диапазон изменения бортового содержания в краткосрочной перспективе может быть либо совсем узким, либо отсутствовать: взрывать и извлекать будут все запроектированные объемы. С другой стороны, при системах «с закладкой очистного пространства», несмотря на то, что изначально план отработки блоков и инфраструктура были спроектированы с учетом планового бортового содержания и добычные работы будут выполняться в соответствии с этим планом, реальный диапазон изменения бортового содержания в краткосрочной перспективе будет гораздо шире. Например, для того, чтобы питать фабрику более бедной низко-рентабельной рудой с содержанием ниже бортового планового, если по какой-то причине руды с содержанием выше планового не хватает.

Опасность последнего варианта в том, что, если мы поймем, что легче «накормить фабрику» рудой при более низком рабочем бортовом содержании, то долгосрочное бортовое содержание может поменяться на это более низкое значение. Плановое бортовое содержание станет содержанием, рассчитанным для рабочего бортового содержания, поэтому вместо того, чтобы вернуться к исходному плановому содержанию после решения краткосрочных проблем, добыча продолжится при более низком качестве руды. Если более высокое плановое содержание позволяло выполнить оптимальный план, то краткосрочное решение вполне может «низвергнуть» ранее разработанный долгосрочный план и подменить его собой. Это может привести только к результатам ниже оптимальных.

БОРТОВОЕ СОДЕРЖАНИЕ И ЦЕЛИ КОМПАНИИ, ИЛИ КАК РЯДОВОЙ ИНЖЕНЕР ОПРЕДЕЛЯЕТ РАЗМЕР БОНУСА ГЕНЕРАЛЬНОГО ДИРЕКТОРА

Учет корпоративных и социальных целей компании должен представлять собой основную часть процесса расчета бортового содержания. Если не определить эти цели, то другие цели, подразумеваемые при расчете бортового содержания, де-факто станут важнейшими корпоративными целями, являются они таковыми на самом деле или нет.

Во многих горных компаниях бортовые содержания рассчитывают горные инженеры или геологи не самого высокого ранга. В отсутствие других указаний или следуя опыту прошлых лет, они определяют безубыточное содержание, которое затем используют как бортовое при следующем цикле планирования. То, «как» бортовое содержание было получено, становится неотличимо от того, «что» есть бортовое содержание. При этом бортовое содержание и порог рентабельности становятся синонимами по умолчанию. Использование простого безубыточного бортового содержания в качестве бортового всего лишь обеспечивает достижение порога рентабельности. Рентабельность будет более подробно описана в следующей главе, а на данный момент можно сказать, что, упрощенно, цель порога рентабельности в том, чтобы «каждая тонна окупалась».

Как уже было отмечено, бортовое содержание, обеспечивающее достижение одной цели, необязательно позволяет достичь других. Автор не знает ни одной акционерной компании, основная цель которой заключалась бы в обеспечении окупаемости каждой тонны руды. Обычно мы видим цели, которые звучат как «максимальное увеличение доходов акционеров» или что-то в этом роде. Нет причин, по которым бортовое содержание, обеспечивающее окупаемость каждой тонны, будет также максимально увеличивать доходы акционеров. Более того, опыт специалистов по оптимизации стратегии показывает, что это не так! Поэтому, когда высшее руководство компании говорит акционерам, что оно стремится увеличить их доходы, эксплуатационный персонал (пусть и из лучших побуждений) осуществляет стратегию, которая практически гарантированно не обеспечит результатов, обещанных акционерам.

Таким образом, процесс оценки стратегии и расчет бортового содержания должен зависеть от корпоративных целей, передаваемых от высшего руководства до специалиста, отвечающего на промплощадке за разделение руды и пустой породы. Во многих компаниях корпоративные цели не передаются вниз по цепочке, при этом принятие оптимальных решений в соответствии с этими целями затруднено, а иногда и невозможно.

Стоит отметить, что при этом мы предполагаем, что компания может независимо выбирать бортовое содержание согласно корпоративным целям, чтобы оно помогало их достичь. В некоторых странах, однако, процесс определения бортового содержания регулируется законодательством. В таких странах, разумеется, величина бортового содержания должна соответствовать государственным указаниям, и любые его изменения должны быть в рамках закона. Достижение корпоративных целей в этих условиях будет ограничено юридически допустимыми пределами.

ВЫВОДЫ

С самого начала обсуждения бортового содержания и оптимизации стратегии важно установить ключевые принципы и определения.

По сути, мы должны определить, что бортовое содержание — это число, разделяющее два направления действий, в частности, отделение руды от пустой породы, а также цель и метод его определения. Расчет порога рентабельности — всего лишь один из способов рассчитать величину бортового содержания. Порог рентабельности и бортовое содержание — не одно и то же. Значительная часть недопонимания, связанного с бортовым содержанием, возникает в результате неумения различить «что», «почему» и «как».

Нам нужно различать три класса материала:

1. Горная масса — весь объем руды и пустой породы (или весь материал) до разделения на руду и пустую породу.
2. Руда — часть горной массы, предназначенная для переработки и получения прибыли или другой выгоды.
3. Продукт — компонент (ы) руды, который фактически создает прибыль и тем самым выгоду. Существуют затраты и производственные мощности, связанные с каждым из вышеупомянутых классов материала или зависящие от него.

Тип учитываемых затрат чрезвычайно важен для правильного определения бортового содержания:

- Переменные затраты — затраты, итоговая величина которых напрямую зависит от количественного выражения некоего физического параметра, например, тонн или метров.
- Фиксированные / постоянные затраты обычно определяют, как затраты, не зависящие от физической деятельности: они неизменны в любой момент времени на всех уровнях деятельности. Итоговые фиксированные затраты можно также считать переменными с точки зрения истекшего времени, а не физической величины.
- Единовременные затраты можно определить как затраты, объем которых не зависит ни от времени, ни от физической деятельности. Обычно за их счет ожидают получить некую техническую возможность, они позволяют обновлять основные средства, например, покупать оборудование, осуществлять строительство или расширение части предприятия. Это могут быть также затраты на вскрышные работы.

Разделение затрат на эксплуатационные и капитальные с точки зрения бухгалтерского учета не имеет значения при расчете бортового содержания и может вводить в заблуждение. Наиболее важно понимать, как ведут себя затраты:

- Проектные капитальные затраты «покупают возможность» сделать что-то новое или отличающееся и обычно представляют собой единовременные затраты.
- Капитальные затраты на поддержание производства сохраняют текущие возможности компании, обычно это нерегулярные затраты на ремонт или замену оборудования, которые зависят от его износа при эксплуатации. Хотя их часто считают ежегодными (фиксированными) затратами при стабильном и устойчивом производстве, но часто капитальные затраты на поддержание необходимы в связи с каким-то дополнительным видом работ, например, переработкой и перевозкой дополнительных больших объемов породы. Таким образом, с капитальными затратами на поддержание следует обращаться так же, как и с переменными эксплуатационными затратами, связанными с какой-либо специфической деятельностью.

Бортовое содержание можно применить для определения границы между пустой породой и рудой безотносительно среднего содержания в руде, оконтуренной таким образом. Его можно также применить к содержанию полезного ископаемого в оконтуренном объеме. Нет единого установленного метода применения бортового содержания, и различные компании могут применять его по-разному из-за ряда специфических веских причин.

Плановое бортовое содержание используется для разработки долгосрочной и полномасштабной стратегии. Рабочее бортовое содержание, используемое для краткосрочного планирования, может отличаться от планового содержания, например, в связи с изменчивостью и неустойчивостью геологических характеристик массива месторождения, создавшихся условий на фабрике, а также экономических условий, которые отличаются от долгосрочного прогноза. Однако не следует путать плановое и рабочее бортовое содержание. Рабочее бортовое содержание всегда изменяется в пределах более долгосрочного планирования, которое должно быть направлено на достижение корпоративных целей.

ГЛАВА 3

Анализ безубыточности — учет затрат и цен

РАСПРОСТРАНЕННАЯ МОДЕЛЬ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ И ЕЕ ОГРАНИЧЕНИЯ

По всему миру многие горнодобывающие предприятия работают с так называемым «безубыточным бортовым содержанием». Что же подразумевается под *точкой безубыточности*? Наиболее упрощенно и с точки зрения расчета бортового содержания, точка безубыточности — это содержание, при котором полученная выручка (доход) равна затратам, необходимым для получения этой выручки.

Применительно к бортовому содержанию, выводы понятны: при любом содержании выше бортового выручка будет превышать затраты на ее получение, тогда как при меньшем бортовом содержании выручка будет ниже затрат. При этом кажется очевидным, что безубыточное содержание следует использовать как бортовое содержание: несомненно, любой материал с содержанием выше бортового следует классифицировать как руду, а материал с пониженным содержанием — нет. Однако это не всегда соответствует действительности.

Важно понять еще на данном раннем этапе обсуждения, что *безубыточное содержание и бортовое содержание — это не одно и то же*. Бортовое содержание не безубыточно, а безубыточное — не бортовое. В то же время во многих случаях эти термины используются взаимозаменяемо (см. Главу 2), и значительная доля недопонимания вокруг бортового содержания связана именно с этим. В предыдущей главе упоминалось, что бортовое содержание — всего лишь число. Расчет безубыточности является одним из способов расчета этой цифры, которую можно использовать в качестве бортового содержания. Тем не менее, это не единственный правильный способ, как будет показано в последующих главах.

Анализ безубыточности в целом можно назвать одномерным (1D) процессом. Он основан только на финансовых параметрах. Здесь сравниваются затраты и цены с уче-

$$\begin{aligned} \text{Безубыточность для переменных затрат} &= \frac{\$22.50/\text{т}}{\$10/\text{ед.содерж.} \times 90\%} \\ &= 2,5 \text{ ед. содерж./т} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{а безубыточность по всем затратам} &= \frac{\$60.00/\text{т}}{\$10/\text{ед.содерж.} \times 90\%} \\ &= 6,7 \text{ ед. содерж./т} \end{aligned}$$

Содержание выражают как единицу содержания на тонну (ед. содерж./т). Например, проценты (или тонны продукта на тонну руды) — для цветных металлов, граммы на тонну — для драгоценных металлов. Цену на металл для упрощения расчета безубыточности пересчитали из цены за единицу металла, как ее обычно указывают, в цену за единицу содержания.

График на рис. 3.1 показывает эти взаимоотношения безубыточности. Переменные и общие удельные затраты, а также удельная выручка показаны как линейные функции содержания. Затраты на тонну материала предполагаются независимыми от содержания и, таким образом, являются одинаковыми для всех содержаний, а именно, \$22,50/т и \$60,00/т, как указано выше. Полученная выручка растет в пропорции \$9/т/ед. содерж., согласно расчетам выше. Как и ожидалось, линия выручки при расчете безубыточного содержания пересекает линию затрат в точках 2,5 и 6,7 ед. содерж./т.

График на рис. 3.2 также показывает эти взаимоотношения безубыточности, но на этот раз в виде чистой (положительной и отрицательной) валовой прибыли. Вышеуказанные затраты просто вычитаются из выручки. При нулевом содержании и без полученной выручки прибыль отрицательна и в численном выражении равна затратам на тонну. Валовая прибыль, основанная на переменных затратах, увеличивается линейно со скоростью \$9/т/ед. содерж. от -\$22,50/т/ед. содерж. при нулевом содержании. Аналогично, прибыль, основанная на полных затратах, увеличивается со скоростью \$9/т/ед. содерж. от -\$60/т/ед. содерж. при нулевом содержании.

РИСУНОК 3.1

График безубыточности: затраты = выручка (доход).

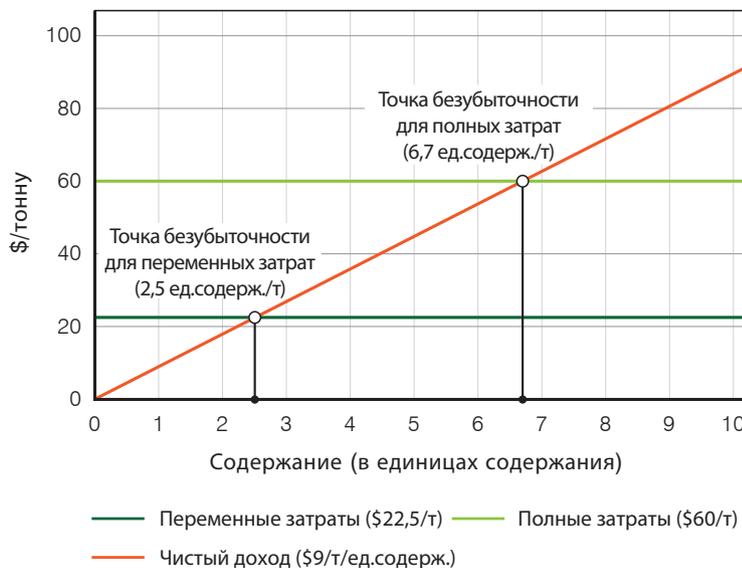
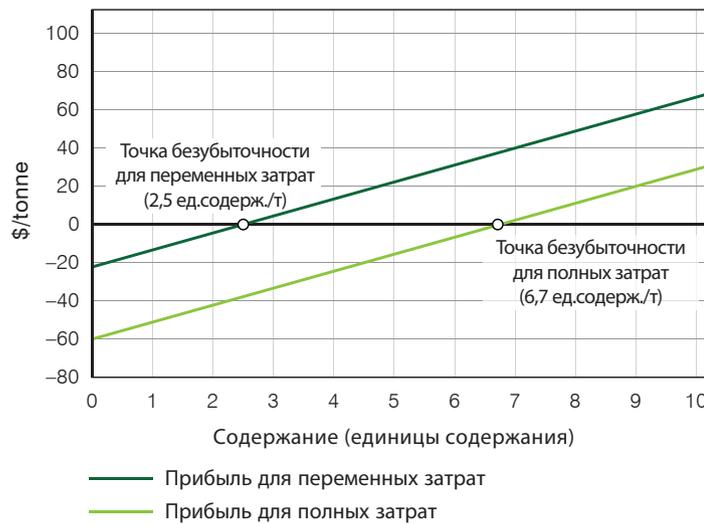


РИСУНОК 3.2

График безубыточности: чистая валовая прибыль = 0.



Как и ожидалось, линии чистой прибыли пересекают уровень нулевой прибыли в точках 2,5 и 6,7 ед. содерж./т, как и в предыдущем расчете безубыточного содержания.

БОЛЕЕ ОБЩЕЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ — РАВНАЯ ЧИСТАЯ ВЫГОДА

Как описывалось ранее, безубыточность достигается при содержании, когда полученная выручка равна затратам на ее получение. Более общее определение — это содержание, при котором выгода от одного образа действий равна выгоде от другого, альтернативного образа действий.

Используя это определение, согласно концепции «руда-пустая порода», безубыточность представляет собой содержание, при котором выгода от переработки блока породы как руды, равна выгоде от переработки этого блока как пустой породы. Это приводит нас к понятию, известному как *бортовое содержание для переработки*, где выгода от переработки руды одним способом равна выгоде от переработки другим способом. Обычно его применяют к двум различным технологиям обогащения: одна с относительно высокими затратами и извлечением, другая — с относительно низкими затратами и извлечением.

Безубыточность с равной выгодой имеет место, когда:

$$\text{Цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_1 - \text{затраты}_1 = \text{цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_2 - \text{затраты}_2$$

Если мы перегруппируем члены этой формулы, то получим следующее:

$$\text{Безубыточное содержание [ед.содерж./т]} = \frac{\text{затраты}_1 - \text{затраты}_2}{\text{цена на продукт} \times (\text{извлечение}_1 - \text{извлечение}_2)}$$

Расчет безубыточности «руда-порода» с равной чистой выгодой

Давайте рассмотрим пример расчета безубыточности со следующими ключевыми параметрами:

- цена на продукт \$10/ед. содерж.

- извлечение 90%, следовательно
- выручка от извлечения \$9,00/ед. содерж.
- переменные затраты \$22,50/ед. содерж.

Предположим, что переменные затраты включают следующие компоненты:

- переработка \$10/т руды
- добыча \$12,5/т руды
- коэффициент вскрыши 1,5т пустой породы на тонну руды (таким образом, на тонну руды добывается 2,5 тонны горной массы)
- следовательно, затраты на добычу \$5/т горной массы

Соответственно, переменные затраты на каждую тонну горной массы, если она классифицирована как:

- руда: \$10 (переработка) + \$5 (добыча) = \$15/т всего
- пустая порода: \$5/т (только добыча)

Безубыточность возникает при условии:

$$\frac{\text{Цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_{\text{руда}} - \text{затраты}_{\text{руда}}}{\text{цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_{\text{пустая порода}} - \text{затраты}_{\text{пустая порода}}} =$$

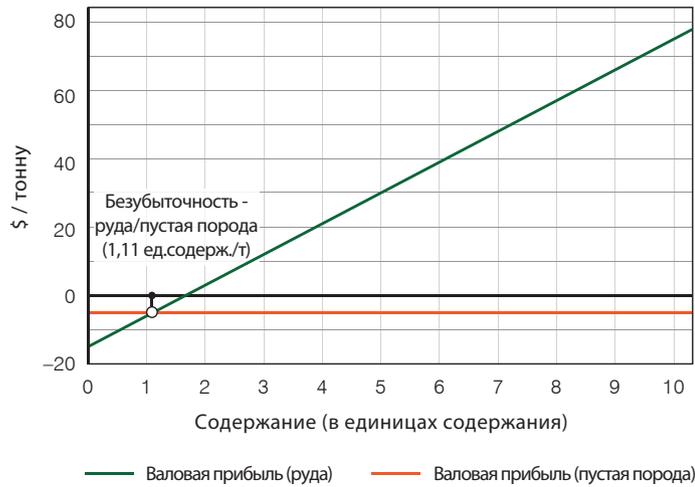
$$\begin{aligned} \text{Безубыточное содержание} &= \frac{\text{затраты}_{\text{руда}} - \text{затраты}_{\text{пустая порода}}}{\text{цена на продукт} \times (\text{извлечение}_{\text{руда}} - \text{извлечение}_{\text{пустая порода}})} \\ &= \frac{\$15 - \$5}{\$10 \times (0,9 - 0,0)} \\ &= \$10/\$9 \\ &= 1,11 \text{ ед.содерж./т} \end{aligned}$$

На рис. 3.3 показан график чистой выгоды при классификации материала как руды или пустой породы. Чистая выгода при пустой породе отрицательная — затраты в размере \$5/т при любом содержании. Выгода от руды увеличивается линейно со скоростью \$9/т/ед. содерж. от -\$15/т при нулевом содержании. При нулевом содержании без получения выручки чистая выгода отрицательна и равна затратам на тонну материала, который добывают (за \$5/т) и перерабатывают (за \$10/т). Линия «выгода от руды» пересекает линию «выгода от пустой породы» в точке, где содержание равно 1,11, согласно расчетам. Стоит отметить, что чистая валовая прибыль от руды становится положительной только, когда содержание превышает 1,67, при этом выручка покрывает общие затраты на добычу и переработку. Однако при условии, что рудник эксплуатируется, затраты на добычу горной массы \$5/т являются заданными или невозвратными, и чистый доход от переработки тонны горной массы, как руды должен покрывать только \$10/т затрат на переработку, чтобы она была целесообразна. Как упоминалось в предыдущей главе, нет гарантий, что величина, полученная от применения подходящего бортового содержания, будет положительной.

При простом расчете безубыточности мы получили величину, равную 2,5 ед. содерж./т, при этом величина при равной выгоде составила 1,11. В связи с чем возникла эта разница? Различия в обоснованности и арифметических действиях этих двух расчетов очевидны, но возможно, более важно для нашего понимания расчета бортового

РИСУНОК 3.3

График безубыточности «руда-пустая порода» при равной выгоде.



содержания — увидеть, что системы учета затрат рудников часто показывают все затраты как затраты на тонну руды. Такой подход может быть достаточным для многих других целей, однако может вводить в заблуждение, если он бездумно используется для расчета бортового содержания. Как упоминалось ранее, важно, чтобы затраты были отнесены именно к той физической деятельности, которая вызвала эти затраты.

Из вышеуказанного расчета затрат на добычу в размере \$5/т горной массы видно, что итоговые затраты на добычу руды \$12,5/т состоят из \$5 за тонну материала, классифицированного как руда, и \$7,5 за соответствующие 1,5 т материала, классифицированного как пустая порода. Разбивка затрат на добычу 2,5 т горной массы на руду и пустую породу представляет собой функцию от использованного бортового содержания. Если бортовое содержание таково, что руда составляет 0,5 т, а пустая порода — 2,0 т, то затраты на тонну руды составят \$25/т. И наоборот, если руда составляет 2,0 т, а пустая порода — 0,5 т, то затраты на тонну руды составят \$6,25/т. Теперь очевидно, что в первом простом расчете, приведённом выше, где затраты на тонну руды были использованы для расчета безубыточности, одна из основных статей затрат, использованных для определения бортового содержания, сама является функцией бортового содержания. Использованная величина основана на прежнем предположении о том, какое бортовое содержание использовано при разделении горной массы на 1 т руды и 1,5 т пустой породы.

При этом в расчетах возникает цикличность. Если провести ряд повторяющихся расчетов, результат может в итоге сойтись с правильным ответом. Однако при этом необходимо использовать зависимость тоннажа от бортового содержания для блока горной массы, чтобы разделить его на руду и пустую породу при рассчитанном борте, а затем пересчитать затраты на добычу тонны руды, безубыточность и пр. Более подробное описание этого циклического процесса следует далее в этой главе.

В принципе, это не представляет проблемы, однако при разработке теории бортового содержания на этом этапе мы рассматривали расчеты безубыточности, которые были определены одномерно, с учетом только финансовых факторов (цены и затрат). Необходимость учитывать геологические характеристики, выраженные зависимостью тоннажа горной массы от бортового содержания, означает, что мы должны смотреть шире, чем ограничения одномерной модели, и учитывать другие параметры при анализе. На первый взгляд, это значит, что простая модель безубыточного бортового со-

держания в данном случае не подходит, что справедливо, если затраты выражаются только на тонну руды.

Тем не менее, при более общем определении и расчете безубыточности, а также при правильном отнесении затрат на горную массу и руду, мы исключаем при расчете безубыточности цикличность зависимости затрат от бортового содержания. Безубыточное бортовое содержание можно рассчитать простым одномерным расчетом безубыточности.

Расчет бортового содержания для переработки: два технологических процесса

Давайте рассмотрим два альтернативных технологических процесса. Затраты на добычу остаются равными \$5/т горной массы, а также:

1. Процесс 1 имеет извлечение 90% и затраты \$10/т переработанной руды, как и в прошлом примере
2. Процесс 2 имеет извлечение 98%, но затраты \$15/т переработанной руды

Безубыточное бортовое содержание для переработки руды 2-мя процессами соблюдается, когда:

$$\text{Цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_{\text{Процесс 2}} - \text{затраты}_{\text{Процесс 2}} = \text{цена} \times \text{содержание} \times \text{извлечение}_{\text{Процесс 1}} - \text{затраты}_{\text{Процесс 1}}$$

$$\begin{aligned} \text{Безубыточное содержание} &= \frac{\text{затраты}_{\text{процесс 2}} - \text{затраты}_{\text{процесс 1}}}{\text{цена на продукт} \times (\text{извлечение}_{\text{процесс 2}} - \text{извлечение}_{\text{процесс 1}})} \\ &= \frac{\$(5 + 15) - \$(5 + 10)}{\$10 \times (0,98 - 0,90)} \\ &= \$5,00 / \$0,80 \\ &= 6,25 \text{ ед. содерж./т} \end{aligned}$$

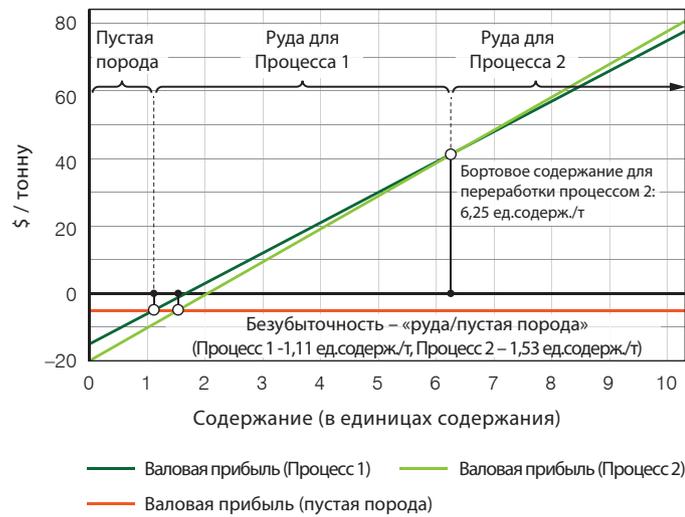
Как мы определили ранее, безубыточность «руда-пустая порода» для Процесса 1 составляет 1,11 ед. содерж./т. Если использовать тот же расчет для Процесса 2, то мы получим безубыточность «руда-пустая порода» в размере 1,53 ед. содерж./т, но ее не используют как бортовое содержание для переработки. При расчете бортового содержания для переработки для Процесса 1 и Процесса 2, можно увидеть, что породу с содержанием:

- менее 1,11 следует классифицировать как пустую породу
- более 1,11 и менее 6,25 следует классифицировать как руду и перерабатывать с помощью Процесса 1
- более 6,25 следует классифицировать как руду и перерабатывать с помощью Процесса 2

На рис. 3.4 показан график чистой выгоды при классификации материала как пустой породы и руды, перерабатываемой Процессом 1 и Процессом 2. Первые две линии схожи с линиями на рис. 3.3. Чистая выгода от пустой породы составляет -\$5/т при любом содержании. Выгода от руды, перерабатываемой Процессом 1, увеличивается линейно со скоростью \$9/т/ед. содерж. от -\$15,00/т при нулевом содержании. Сходным образом, выгода от руды, перерабатываемой по Процессу 2, увеличивается линейно со скоростью \$9,8/т/ед. содерж. от -\$20,00/т при нулевом содержании и представляет собой общие затраты на добычу и переработку руды Процессом 2. Линия Процесса 2 пересекает линию Процесса 1 в точке 6,25 ед. содерж./т.

РИСУНОК 3.4

График безубыточности «руда-пустая порода» и бортовое содержание для переработки для двух процессов.



Следует отметить, что безубыточность «руда-пустая порода» для Процесса 2 (1,53 ед. содерж./т) не участвует в классификации горной массы. При отсутствии Процесса 1 породу с содержанием выше 1,53 будут классифицировать как руду и перерабатывать Процессом 2, но Процесс 1 обеспечивает более высокую прибыль, чем Процесс 2, для всех содержаний вплоть до указанного бортового содержания для переработки (6,25).

При продвижении добычных работ в процессе отработки месторождения нет гарантий, что содержание в руде позволит полностью загрузить оба процесса. Если один процесс имеет неиспользованные мощности, а второй процесс перегружен, то простой одномерный расчет безубыточности не говорит, что делать с избыточным материалом, который при таком бортовом содержании для переработки необходимо перерабатывать с использованием уже перегруженного технологического процесса. Материал можно складировать, пока его не удастся переработать по нужной технологии, либо его можно переработать сразу по менее рентабельной технологии (при таком содержании), где есть свободные мощности. То есть модель простого одномерного безубыточного бортового содержания не отражает всего, что нам необходимо знать для максимального получения прибыли.

Содержание в породе, равное бортовому содержанию

Описание разделения горной массы между двумя технологическими процессами не учитывает содержаний, которые равны заданному борту или бортовому содержанию для переработки. Как и при определении затрат, которые следует включить в расчет, не существует общей единой точки зрения на вопрос, включать или не включать сюда материал с содержанием, равным бортовому.

Во многих случаях этот вопрос может быть чисто теоретическим. Например, если среднее содержание в геологической модели имеет гораздо большую величину, чем бортовое, то количество блоков с содержанием равным бортовому будет либо ничтожно малым, либо не будет иметь практического значения. Несмотря на это, автор считает, что бессмысленно классифицировать материал с содержанием, равным безубыточному содержанию «руда — пустая порода», как руду, поскольку переработка этого материала не даст чистой выгоды.

Если бортовое содержание и моделируемые содержания имеют одинаковое количество значащих цифр, то их, скорее всего, рассчитали с большей точностью и затем округлили. Если бортовое содержание округлить в большую сторону, было бы логично предположить, что породу с содержанием, равным бортовому, следует считать рудой. И наоборот, если его округлить в меньшую сторону, то материал с бортовым содержанием можно считать пустой породой. При этом все равно будет существовать некая вероятность неверной классификации, даже если использовать неокругленные значения содержаний в породе и бортового содержания. Опять же, эта вероятность, видимо, будет незначительной в сравнении с другими факторами неопределенности, связанными с оценкой содержания и расчетом безубыточности.

Этот довод можно применить к бортовому содержанию для разделения материала на руду и пустую породу, однако он не подходит для деления материала для переработки двумя разными процессами. Как упоминалось ранее, одномерный расчет безубыточности не учитывает мощность перерабатывающего производства. Если оба процесса дают одну и ту же чистую выручку, материал с содержанием, точно равным содержанию для переработки, оправят на технологию со свободными мощностями. Если же такого материала много, то одну его часть могут отправить на переработку по одной технологии, а оставшуюся часть — по другой технологии. Как мы видим, простая одномерная модель безубыточности не учитывает всех требуемых факторов, поэтому для принятия решения следует использовать дополнительную информацию.

ЗАТРАТЫ ПРИ РАСЧЕТЕ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ «РУДА — ПУСТАЯ ПОРОДА»

Как говорилось ранее, не существует стандартных терминов для обозначения безубыточных содержаний и затрат, которые включают в расчеты. Ниже приведены четыре примера, но их не следует рассматривать как конкретные рекомендации относительно терминологии или определений. Скорее они иллюстрируют диапазон затрат, которые можно включить в расчет безубыточности:

- *предельная (marginal) безубыточность*: затраты = переменные затраты на добычу + переменные затраты на переработку
- *рудничная рабочая безубыточность*: затраты = полные затраты на добычу + полные затраты на переработку
- *рабочая безубыточность предприятия*: затраты = полные затраты на добычу + полные затраты на переработку + полные общие и административные затраты
- *безубыточность при полных затратах (полнозатратная)*: затраты = полные затраты на добычу + полные затраты на переработку + полные общие и административные затраты + издержки головного офиса + резерв на капитальные затраты

На многих предприятиях используют как минимум два из перечисленных типов расчетов для определения бортового содержания в конкретном случае. Компании часто используют бортовое содержание, схожее с первым примером, в качестве рабочего бортового содержания для определения «предельной» руды, которую можно перерабатывать, если вдруг линии погрузки и переработки руды не загружены полностью. Подобным образом бортовые содержания, сходные с третьим и четвертым примером, часто используют как плановое бортовое содержание для разделения руды и пустой породы в долгосрочном плане горных работ. Однако на практике часто затраты, учитываемые при расчете безубыточности, указывают без полного понимания получаемых результатов.

Как отмечалось ранее, многие предприятия используют термины «безубыточность» и «бортовое содержание» как синонимы, так что в корпоративной документации термин «бортовое содержание» может использоваться вместо термина «безу-

быточность». В таких случаях автор предпочитает использовать составной термин *безубыточное бортовое содержание*, чтобы указать, что бортовое содержание следует определять путем расчета безубыточности. Надо четко понимать, что в данной книге термин *безубыточность* является общим термином для описания метода расчета, с дополнительными ключевыми словами, которые указывают, какие затраты были учтены в этом расчете.

Как можно увидеть из формул и примеров вычислений, затраты, учитываемые при расчете безубыточности, должны быть дифференцированными затратами при классификации горной массы как руды, а не пустой породы. Похожий принцип действует при использовании бортового содержания для переработки руды с помощью двух процессов. В примерах затраты, которые одинаковы для обоих вариантов (руда или пустая порода, Процесс 1 или Процесс 2), фактически аннулируют друг друга, оставляя в расчете только различающиеся (дифференцированные) затраты.

Какие же дифференцированные затраты следует учитывать? Если и на стадии получения продукта, и на стадии переработки руды есть свободные мощности, то дополнительные затраты на классификацию куска материала как руды являются всего лишь предельными (marginal) переменными затратами на переработку его как руды и на операции с получением продукта. Если же линия переработки руды или линия получения продукта работают на полную мощность, то переработка куска горной массы как руды увеличит срок эксплуатации предприятия. Дополнительные затраты при классификации этого куска как руды тогда будут включать переменные затраты на его переработку, операции с получением продукта, плюс постоянные затраты, связанные с увеличением срока эксплуатации рудника.

В следующих подразделах мы обсуждаем переменные и постоянные затраты, связанные с различными участками производства, и то, как они учитываются при расчете безубыточного бортового содержания.

Карьер в составе рудника

Когда принимается решение о разработке карьера определенного размера, переменные затраты на горные работы (обычно буровзрывные работы, погрузка и откатка) связаны со всей горной массой, извлекаемой из карьера, вне зависимости от того, классифицируют ее как руду или пустую породу. Всю горную массу необходимо транспортировать к точке, где потоки руды и пустой породы разделяются. Таким образом, расположение породы в карьере (глубокие или неглубокие участки) не влияет на разделение «руда — пустая порода»¹. Следовательно, переменные затраты при открытом способе добычи обычно не учитываются при расчете безубыточности «руда — порода». Это видно из более сложного примера, когда затраты на добычу были включены в затраты как для руды, так и для пустой породы, а в результате аннулировали друг друга. Исключением, которое напрямую из этого следует, являются любые дифференцированные затраты на добычу руды и пустой породы. Они могут быть результатом разницы в:

- процедурах контроля содержания (grade control);
- схемах буровзрывных работ;
- парке горного оборудования;
- расстояниях откатки.

1. Разумеется, расположение добычных забоев в карьере, и, следовательно, затраты на откатку, сильно влияют на разработку оптимального графика горных работ, но они не входят в обычный одномерный процесс расчета безубыточного содержания.