



# **Cut-off Grades and Optimising the Strategic Mine Plan**

**by Brian Hall**

The Australasian Institute of Mining and Metallurgy  
Spectrum Series 20



Published by:  
THE AUSTRALASIAN INSTITUTE OF MINING AND METALLURGY  
Ground Floor, 204 Lygon Street, Carlton Victoria 3053 Australia

**Брайан Холл**

**Бортовые содержания  
и оптимизация  
стратегии  
горных работ**

*правовед*



ПОЛИМЕТАЛЛ

УДК 622  
ББК 33  
Х72

Настоящая публикация была впервые опубликована на английском языке в 2014 году Австралийским институтом горного дела и металлургии (Институт).

Институт не подтверждает точность перевода данного издания и не несет за него ответственности

Перевод с английского группы переводчиков под руководством *Аллы Станиславовны Бентхен*, с участием *Ирины Владимировны Брагиной*.

Научные редакторы перевода:  
*Юрий Евгеньевич Капутин*, д.т.н.,  
*Александр Иванович Полуэктов*, к.э.н.

**Холл, Брайан.**

Х72 Бортовые содержания и оптимизация стратегии горных работ : [перевод с английского] / Брайан Холл. — Москва : Эксмо, 2022. — 384 с.

ISBN 978-5-04-117437-8

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. Книга будет полезной ведущим специалистам инжиниринговых организаций и горнодобывающих компаний, а также ученым, занимающимся оптимизацией горных систем, аспирантам и студентам горных вузов.

УДК 622  
ББК 33

ISBN 978-5-04-117437-8

© The Australasian Institute of Mining and Metallurgy 2014  
© Права на русский перевод и оформление (оригинал-макет) принадлежат © АО Полиметалл УК  
© Дизайн книги Издательство «Правовед», 2016  
© Все права защищены © 2009 CSIRO

# Оглавление

Вступительное слово		xi
Предисловие		xiii
Об авторе		xvii
Выражение признательности		xix
Предисловие к русскому изданию		xxi
<b>ГЛАВА 1</b>	<b>Введение</b>	<b>1</b>
	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/>		
<b>ЧАСТЬ 1</b>	<b>РАЗВИТИЕ ПОНИМАНИЯ ТЕОРИИ БОРТОВОГО СОДЕРЖАНИЯ — ОТ ПРОСТОЙ ТОЧКИ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ДО ПОЛНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ</b>	
<hr/>		
<b>ГЛАВА 2</b>	<b>Определение основополагающих принципов</b>	<b>13</b>
	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
<b>ГЛАВА 3</b>	<b>Анализ безубыточности — учет затрат и цен</b>	<b>27</b>
	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
<b>ГЛАВА 4</b>	<b>Оценка Мортимера — учет геологического строения</b>	<b>55</b>
	Формулировка оценки мортимера	55
	Расчеты для оценки мортимера	56
	Графическое представление оценки мортимера	58
	Применение оценки мортимера на практике	61
	Краткие выводы	62
<b>ГЛАВА 5</b>	<b>Методика Лейна — учет производственных мощностей системы</b>	<b>65</b>
	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
<b>ГЛАВА 6</b>	<b>Оптимизация стратегии рудника — учет всего</b>	<b>111</b>
	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

<b>ГЛАВА 7</b>	<b>Вариации бортового содержания на стадиях общего процесса планирования горных работ</b>	<b>137</b>
	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/>		
<b>ЧАСТЬ 2</b>	<b>ВАЖНЫЕ СООБРАЖЕНИЯ ПО ПОВОДУ ОПТИМИЗАЦИИ СТРАТЕГИИ</b>	
<hr/>		
<b>ГЛАВА 8</b>	<b>Оптимизация стратегии для рудника</b>	<b>173</b>
	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
<b>ГЛАВА 9</b>	<b>Задание идентификатора содержания</b>	<b>209</b>
	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
<b>ГЛАВА 10</b>	<b>Цели и показатели эффективности инвестиционного проекта</b>	<b>235</b>
	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
<b>ГЛАВА 11</b>	<b>Методы оценки стоимости</b>	<b>267</b>
	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
<b>ГЛАВА 12</b>	<b>Оптимизация стратегии и управление рисками</b>	<b>285</b>
	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
<b>ГЛАВА 13</b>	<b>Методы оптимизации</b>	<b>293</b>
	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

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



# 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), обходят 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 несу 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.