

УДК 622.271.3.013.3



*На правах рукописи*

**ТЕРЕХИНА ЮЛИЯ ВАЛЕНТИНОВНА**

**ОБОСНОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ  
МАЛЫХ КАРЬЕРОВ НА ПРЕДПРОЕКТНОЙ  
СТАДИИ ОЦЕНКИ**

Специальность 25.00.21 - «Теоретические основы проектирования  
горнотехнических систем»

**Автореферат**  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Екатеринбург, 2006

Работа выполнена в Уральском государственном горном университете

Научный руководитель – доктор технических наук,  
профессор Корнилкив Сергей Викторович

Официальные оппоненты:

доктор технических наук, профессор Гавришев Сергей Евгеньевич

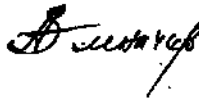
кандидат технических наук Шарин Владимир Васильевич

Ведущая организация – ОАО «Уралгипроруда»

Защита состоится «28» сентября 2006 г. в 14.00 час. на заседании диссертационного совета Д 004.010.01 при ИГД УрО РАН по адресу:  
620219, г. Екатеринбург, ГСП-936, ул. Мамина-Сибиряка, 58.  
С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке ИГД УрО РАН.

Автореферат разослан «28» августа 2006 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета  
доктор технических наук, профессор



В.М. Аленичев

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность работы.** В последние годы в России темпы добычи полезных ископаемых превышают темпы прироста запасов в 1,5 – 4,0 раза. Создалась острая необходимость в поиске и оценке новых месторождений, переоценке разведанных балансовых и забалансовых запасов. В связи с этим возникла необходимость разработки и освоения небольших месторождений и месторождений - спутников крупных горнодобывающих предприятий с комплексом оптимальных параметров.

Задачи определения оптимальных параметров карьера решаются в первую очередь на предпроектной стадии: при разработке бизнес-планов, деклараций о намерениях инвестирования, обосновании необходимости оформления лицензий на разведку и отработку месторождения, а также непосредственно на горнодобывающих предприятиях для выработки стратегии поддержания минерально-сырьевой базы за счет эксплуатации месторождений с ограниченными запасами.

Процесс обоснования главных параметров малых карьеров становится сложнее не только в методическом отношении, но и в изменившихся организационно-экономических условиях и требованиях. Заказчики все чаще выдвигают специфические требования к качеству товарной продукции, размерам инвестиций, к показателям проекта и срокам его разработки. При этом ставится цель оптимизировать весь комплекс главных параметров: *производственную мощность, глубину карьера, срок отработки и запасы, вовлекаемые в разработку*, при которых могут быть достигнуты наилучшие экономические показатели.

Определить эффективность разработки, т.е. прибыль или чистый дисконтированный доход (ЧДД), а также срок окупаемости капиталовложений можно, только рассчитав предварительно для каждого варианта проекта поток денег за весь срок оценки в виде суммы ежегодных показателей. Однако при существующих методах обоснования исходных экономических данных такой расчет связан с большим объемом вычислений, переработкой большого количества исходных данных и требует значительных материальных, трудовых затрат и времени.

Исходя из изложенного **объектом** исследования стал процесс оптимизации главных параметров малых карьеров на стадии предпроектной оценки решений, а **предметом исследования** - методики определения параметров малых карьеров и обоснования их технико-экономических показателей.

**Целью** диссертации является разработка экспресс-методики оптимизации комплекса главных параметров малых карьеров, реализующей линейную стратегию проектирования.

**Идея** работы заключается в направленной укрупненной технико-экономической оценке предварительно сформированных вариантов комплекса главных параметров малых карьеров.

**Основные научные положения**, представляемые к защите:

1 При обосновании параметров малых карьеров на предпроектной стадии рационально использовать линейную стратегию, реализация которой достигается предварительным формированием вариантов сочетания главных параметров открытой разработки и экономической оценкой соответствующих им календарных графиков.

2 Направленный поиск оптимального сочетания параметров открытой разработки малыми карьерами достигается анализом изменения градиента ЧДД и прекращается при его сокращении.

3 В условиях ограниченных исходных данных при расчете удельных капитальных и эксплуатационных затрат на предпроектной стадии оценки малых карьеров допустимо использование двух - трехфакторных корреляционных зависимостей, обеспечивающих требуемую точность (погрешность до 8-10 %) вычислений.

В диссертации использован комплекс **научных методов исследования**, включающий: анализ фактических данных, научное обобщение, ретроспективный анализ проектирования карьеров, технико-экономический анализ, многофакторный регрессионный анализ, метод вариантов, экономико-математическое моделирование.

**Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и рекомендаций** диссертации подтверждаются: основами теории проектирования открытой разработки месторождений и экономической теории, результатами анализа фактических экономических показателей работы малых карьеров

и их сходимостью с расчетными значениями в пределах допустимой точности (90-92 %) вычислений, проверкой и внедрением рекомендаций в практику проектирования горнорудных предприятий.

**Научная новизна работы:**

оценены фактические параметры горных предприятий, относимых к группе малых карьеров, рекомендовано уточнение классификации карьеров по годовой производительности по горной массе;

разработана экспресс-методика комплексной оптимизации параметров малых карьеров на предпроектной стадии оценки, реализующая линейную стратегию принятия решений;

доказана допустимость использования двух-трехфакторных корреляционных зависимостей для определения удельных капитальных и эксплуатационных затрат при обосновании параметров малых карьеров на предпроектной стадии оценки в условиях ограниченных исходных данных;

для сокращения оцениваемых вариантов сочетаний главных параметров малых карьеров впервые предложен метод анализа градиента ЧДД, вычисляемого на каждом шаге расчетов.

**Практическая ценность работы.** Использование разработанной методики позволяет:

на предпроектной стадии осуществлять экспресс-расчет вариантов комплекса параметров малого карьера, близких к оптимальным;

получать достоверные предварительные оценки в короткие сроки и с минимумом затрат;

решать в автоматизированном режиме задачи, связанные с развитием горных работ, с поэтапной разработкой месторождения, с обоснованием годовой производительности по полезному ископаемому;

обоснованно использовать полученные корреляционные зависимости для предварительной оценки удельных экономических показателей, в том числе с разделением по статьям затрат.

**Личный вклад автора состоит:**

в проведении анализа и количественной оценки параметров существующих малых карьеров с учетом ограничений по рабочей зоне;

в разработке экспресс-методики комплексной оптимизации главных параметров малых карьеров;

в установлении области использования существующих формул расчета капитальных и эксплуатационных затрат в современных экономических условиях;

в исследовании взаимосвязи удельных экономических показателей с глубиной и производственной мощностью предприятия, текущим коэффициентом вскрыши, а также в оценке их влияние при типовых технологических решениях на конечные экономические показатели проекта.

**Реализация результатов работы.** Результаты исследований реализованы при разработке предпроектных рекомендаций для отработки медноколчеданного месторождения "Осеннее" ОАО "Гайский ГОК", составлении ТЭО восполнения мощностей Лавро-Николаевского карьера Волковского рудника ОАО "Святогор", что позволило сократить трудозатраты на проектные работы на 30 %. Методика обоснования удельных стоимостных показателей использована при экономической оценке стратегии развития горнорудной базы Высокогорского ГОКа. Методика укрупненной экономической оценки реализована при подготовке методических материалов для дипломного проектирования студентов горных вузов по специальности "Открытые горные работы".

**Апробация работы.** Основные положения диссертации и отдельные результаты докладывались на семинарах кафедры разработки месторождений открытым способом Уральского государственного горного университета, научно-техническом совете ОАО «Уралмеханобр», всероссийской конференции «Компьютерные технологии в горном деле» (г. Екатеринбург, 1999 г.), конференции молодых ученых в рамках Уральской горнопромышленной декады УГГУ (г. Екатеринбург, 2004 г.).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 7 работ.

**Структура и объем работы.** Диссертация, изложенная на 120 страницах машинописного текста, состоит из введения, четырех глав, заключения, 3 приложений, 26 таблиц и 25 рисунков.

Диссертационная работа посвящается памяти профессора В.С. Хохрякова, при непосредственном участии которого определилось общее направление исследований, задачи и цели работы.

## ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Практика определения оптимальных параметров карьера базируется на теории проектирования освоения недр, основы которой заложены в трудах А.И. Арсентьева, Б.И. Бокия, Н.В. Мельникова, В.В. Ржевского, А.М. Терпигорева, К.Н. Трубецкого, Л.Д. Шевякова, Е.Ф. Шешко.

Первые работы по теории проектирования карьеров относятся к 1930-1950 гг., когда были опубликованы труды А.В. Бричкина, Б.П. Боголюбова, П.Э. Зуркова, А.А. Пешкова, Н.А. Старикова и др., в которых было положено начало аналитическим методам определения границ карьеров и изучению факторов, влияющих на эффективность открытой разработки. В 1950 - 60-е годы создается самостоятельная теория проектирования карьеров, возникают и активно работают научные коллективы Ю.М. Анистратова, И.В. Мельникова, В.В. Ржевского, К.Н. Трубецкого, М.Г. Новожилова и др.

Труды А.А. Астахова, Ж.В. Бунина, В.С. Коваленко, Г.Г. Сакашцева, М.Г. Сакашцева, И.Н. Сандригайло, В.С. Хохрякова, Б.П. Юматова, В.Л. Яковлева, а за рубежом Т.У. Кэмма (Горное бюро США) заложили основы динамического поэтапного проектирования горных предприятий, при котором карьер рассматривается как природно-технологический объект, развивающийся в пространстве и в течение длительного времени.

До 1990-х годов в основном развивалась и проектировалась отработка карьеров большой производственной мощности. Вместе с тем удельный вес в открытых работах малых карьеров при разработке месторождений руд цветных металлов составляет почти 90 %. Это связано с особенностями залегания и формирования рудных тел медных, медноколчеданных и медно-цинковых месторождений. Большинство относят к маломощным, однако высокая ценность компонентов руд цветных металлов (алюминия, меди, цинка, золота, серебра и т.д.) при отработке даже небольшого месторождения оправдывает затраты на нее.

Поэтому были поставлены и решены следующие задачи:

- 1 Проанализировать существующие методы проектирования, а также особенности разработки и параметры малых карьеров.
- 2 Разработать методический подход к линейной оптимизации комплекса параметров карьера на предпроектной стадии оценки месторождения.

3 Исследовать влияние горнотехнических факторов на удельные капитальные и эксплуатационные затраты и разработать модифицированные корреляционные зависимости для их расчета применительно к малым карьерам.

4 Разработать и апробировать для условий малых карьеров методику автоматизированной экономической экспресс-оценки.

5 Разработать рекомендации по использованию технологических решений (перенесение объемов вскрыши на последующие годы и т.д.), обеспечивающих достижение наилучших экономических показателей при эксплуатации малых карьеров.

В первой главе исследованы параметры малых карьеров и особенности их отработки, стратегии решения задач горной части проекта, осуществлен анализ методов определения оптимальной глубины, производственной мощности и срока отработки.

За основу деления карьеров на малые, средние и крупные изначально принята классификация, предложенная акад. М.И. Агошковым, по площади карьера и скорости углубки. К небольшим, по М.И. Агошкову, относят карьеры с площадью по поверхности менее  $0,5 \text{ км}^2$  и скоростью понижения горных работ 10-20 м/год.

В практике проектирования к малым относят карьеры с производительностью по полезному ископаемому до 1 млн. т в год. Анализ параметров действующих и проектируемых предприятий с такой производственной мощностью (табл.1) свидетельствует о том, что к малым следует отнести карьеры: с производительностью по горной массе до 2- 4 млн.  $\text{м}^3$  в год, что является существенным классификационным признаком; с запасами полезного ископаемого до 6,0 - 8,5 млн. т; со сроком существования до 15 лет, за исключением доломитовых и флюсовых. При этом такие карьеры характеризуются ограниченным количеством обрабатываемых горизонтов (2 - 4 уступа), объемом горной массы на горизонте, сопоставимым (кратным до 3 - 8 раз) с производительностью экскаватора; понижением горных работ 10 - 15 м/год. Последующие исследования показали, что текущий коэффициент вскрыши не может являться характеристикой малых месторождений, так как колеблется в широких пределах и зависит от ценности руды и принятых затрат на ее отработку и должен быть учтен при технико-экономических расчетах.



Таблица 1 – Основные параметры малых карьеров

Предприятие	Средне- годовая мощ- ность, тыс.т	Объем горной массы, тыс.м <sup>3</sup>	Текущий коэфф. вскрыши, м <sup>3</sup> /т	Текушая глубина карьера, м	Срок отра- ботки, лет
<b>Железная руда</b>					
ГОК ОАО "ММК", карьеры: Гора Магнитная Подотвальный	471,5	3007	3,38	110 -	15
	365,4	2697	3,38	60 - 65	6
ОАО "Олкон", карьеры: им. 15 лет Октября Комсомольский	555	2702	1,15	152	10
	984	3868	1,15	73	10
<b>Хромитовые руды</b>					
Качкинская группа, карьеры: № 1 № 2 № 3 № 4-5	10,79	80	2,4	23	15
	27,75	223	4,4	40	12
	2,92	25	3,2	12,5	15
	7,67	110	9,2	25	10
<b>Нерудное сырье</b>					
Барсуковское рудоуправление	500	2227	0,70	-	15
Костюсовский участок плитча- тых гранитов	2 *	4,93	1,47	7	15
Ледяное месторождение глин	200 *	222	0,11 **	22	15
Дружининское месторождение известняка	500	2100	0,64 **	100	10
Курмановское месторождение хромитов	300	2460	4,2***	106	10
<b>Руды цветных металлов</b>					
ОАО "Башкирский МСК", карьеры: Камаган Балта-Тау Яман-Касы	494	3403	12,3	100	10
	260	1927	6,8	115	12
	400	3262	3,1	150	15
<b>Флюсовое сырье</b>					
Билимбаевский рудник, карье- ры: Галкинский Коноваловский	220	1137	0,32	50	10
	576	2273		70	10
АО "Чусовской металлургиче- ский завод"	400	1213	0,4	70 - 110	13
"Сафьяновская медь", Хвощов- ский карьер	219	700	0,02	32	15
ОАО "Белорецкий металлург- ческий комбинат", Пугачевский карьер	475,2	2050	21	50	15

тыс. м<sup>3</sup>, \*\* м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, \*\*\* т/т

Анализом практики проектирования карьеров установлено, что в основе порядка решения задач горной части проекта лежит многошаговый процесс поиска совокупности взаимосвязанных оптимальных решений, реализуемых посредством организации обратных связей и соответствующих корректировок ранее принятых решений. По классификации проф. В.В. Хронина, такой порядок решения задач относится к циклической стратегии проектирования. Для малых карьеров, особенно на предпроектной стадии расчетов, циклическая стратегия решения задач горной части проекта не рациональна, поскольку трудозатраты на проектирование при таком подходе не соответствуют масштабам объекта.

Для таких условий стратегия должна быть линейной, что повышает эффективность проектных работ, т.е. состоять из цепочки последовательных этапов, в которых каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий. Оценка методов оптимизации параметров глубины и связанных с ней производственной мощности, режима работ и др., используемых на предпроектной стадии, показала, что определение конечной глубины по аналитическим зависимостям возможно для простых горно-геологических условий, а для сложных дает значительную погрешность расчетов. При обосновании глубины карьера с использованием граничного коэффициента вскрыши достоверность его расчета или назначения по аналогам невысокая, так как исходные стоимостные показатели никак не могут в достаточной степени соответствовать условиям, которые сложатся в отдаленном будущем. Метод вариантного поэтапного уточнения граничного коэффициента вскрыши более точный, однако для него необходимы детальные расчеты достаточно большого числа вариантов глубины карьера и соответствующих им затрат и прибыли.

В последнее время, в том числе за рубежом, все большее применение находит новый подход к решению задач о конечных контурах карьера, основанный на анализе графиков календарного распределения объемов горных работ, соответствующих оцениваемым вариантам контуров карьера, и связанных с этим интегральных экономических показателей за весь срок разработки месторождения. Это позволяет обособленно рассмотреть варианты глубины разработки в сочетании с годовой производительностью по вскрыше, руде и ее

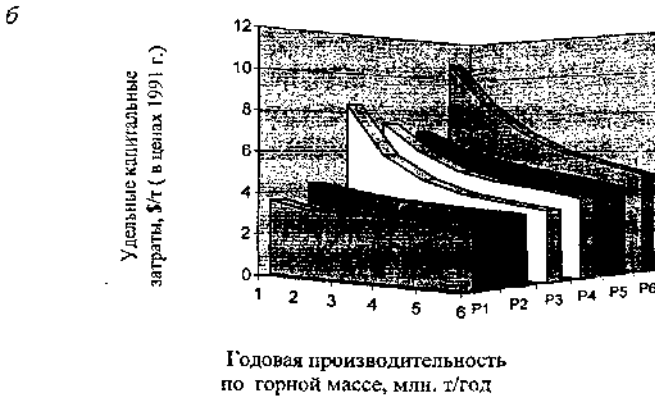
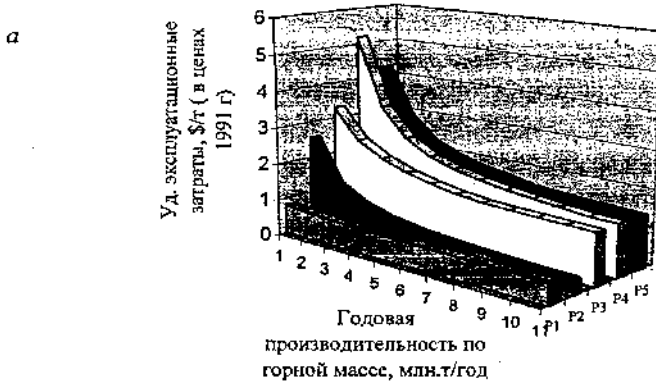
качеству и учитывать в количественной форме затраты и эффект с учетом фактора времени. Такой подход применительно к малым карьерам реализует линейную стратегию, однако при этом необходимо разработать методику формирования соответствующих вариантов сочетания глубины, производственной мощности, срока отработки карьера, оперативного расчета экономических показателей и вычисления на их основе ЧДД, что требует использования соответствующих экономико-математических моделей.

Во второй главе проанализированы отечественные и зарубежные экономико-математические модели определения удельных экономических показателей, осуществлен корреляционный анализ фактических технико-экономических показателей предприятий, разработаны формулы для расчета капитальных и эксплуатационных затрат для малых месторождений руд цветных металлов и флюсового сырья. Анализ стоимостных моделей, созданных во второй половине XX века, А.И. Арсентьева, Б.П. Юматова и Ж.В. Бушина, М.Г. и Г.Г. Сакашцевых, И.Н. Сандригайло и Т.У. Комма (Горное бюро США) показывает, что все ранее разработанные методики учитывают годовую производительность по горной массе, что позволяет сделать вывод о ее важности как классификационного признака при разделении карьеров на малые, средние и крупные. Кроме того, анализируемые зависимости имеют резкий перелом в диапазоне 2 - 4 млн. т годовой производительности по горной массе (рис.1, а, б), что означает, что выделенная на предпроектной стадии область является критической, характеризующей другие, специфические, условия ведения горных работ по сравнению с крупными предприятиями.

Анализ существующих расчетных формул удельных капитальных и эксплуатационных затрат показал, что тенденции изменения величины капитальных и эксплуатационных затрат в зависимости от годовой производительности карьера для всех методик примерно одинаковы (рис.1 а, б). Это означает, что их допустимо использовать при расчетах, однако необходимо скорректировать и привести к современному масштабу цен и затрат, введя соответствующие поправочные коэффициенты.

Особенность предпроектной оценки малых карьеров заключается в недостаточности горно-геологической информации, необходимого числа предприятий-аналогов для сравнительной оценки, а также исходных экономи-

ческих показателей, что затрудняет использование многофакторных моделей на предпроектной стадии.



а - удельные эксплуатационные затраты по: P1 - М.Г. и Г.Г. Саканцевым, P2 - А.И. Арсентьеву, P3 - Т.У. Кэмму, P4 - И.И. Сандригайло, P5 - сметному ручному расчету; б - удельные капитальные затраты по: P1 - М.Г. и Г.Г. Саканцеву, P2 - А.И. Арсентьеву, P3 - И.И. Сандригайло, P4 - Т.У. Кэмму, P5 - сметному ручному расчету, P6 - Б.П.Юматову и Ж.В.Бунину

Рисунок 1 - Изменения удельных затрат в зависимости от годовой производительности карьера, по разным авторам.

Установлено, что погрешность вычислений с учетом – индексов дефляторов по изученным методикам относительно ручных сметных расчетов составляет всего 1-11 %. При этом многофакторные и двухфакторные модели Горного бюро США признаны равноточными (8-10 %) и соответствуют условиям оценочных расчетов малых карьеров на предпроектной стадии.

Отсюда следует, что введение множества факторов в корреляционные зависимости незначительно увеличивает точность расчетов.

Для обоснования возможности использования упрощенных моделей для расчета удельных стоимостных показателей была исследована степень влияния главных параметров малых карьеров: глубины ( $H$ ), среднего коэффициента вскрыши ( $k_a$ ), годовая производительность по горной массе ( $A_{г.м.}$ ) вскрыше ( $V$ ) и полезному ископаемому ( $A_{п.и.}$ ) – на величину удельных капитальных и эксплуатационных затрат по фактическим данным с предприятий.

При установлении корреляционных зависимостей, увязывающих переменные  $K_y$ ,  $\mathcal{E}_y$ ,  $A$ ,  $L$ ,  $k_a$ ,  $H$ , были использованы стандартные методы прямого и множественного корреляционного анализа. В результате расчетов были получены следующие формулы для определения удельных капитальных и эксплуатационных затрат при эксплуатации месторождений цветных руд и флюсового сырья малыми карьерами с использованием автотранспорта:

$$\mathcal{E}_y = 27,2 - 1,75 K_y - 1,6 A_{п.и.} + 1,46 L - 4,42 k_a, \quad (1)$$

$$K_y = 3,29 + 1,36 k_a + 0,0064 H, \quad (2)$$

где  $K_y$  – удельные капитальные затраты, долл./т,

$\mathcal{E}_y$  – удельные эксплуатационные затраты, долл./т,

$A_{п.и.}$  – годовая производственная мощность по полезному ископаемому, млн. т,

$L$  – дальность транспортирования горной массы из карьера до поверхности, км,

$k_a$  – средний коэффициент вскрыши, т/т,

$H$  – глубина карьера, м.

Достоверность выведенных формул подтверждается высокими коэффициентами множественной корреляции: для удельных капитальных затрат  $R = 0,861$ ,  $\sigma = 4,7(26 \%)$ ,  $F = 1,7$ ; для удельных эксплуатационных затрат  $R$

$=0,551$ ,  $\sigma = 3,38$  (65 %),  $F=1,4$ , что свидетельствует об их достаточной надежности.

Анализ предложенных зависимостей показывает, что величина удельных капитальных затрат в большей степени зависит от величины среднего коэффициента вскрыши, т. е. от годовой производительности по горной массе и в меньшей - от предельной глубины разработки. (рис. 2, а). Но, годовая производительность по горной массе - это  $A_{п.г.} (1+k_0)$ , а глубина карьера коллинеарна расстоянию транспортирования горной массы из карьера до поверхности. Поэтому для определения удельных капитальных и эксплуатационных затрат при проектировании отработки месторождений цветных руд и флюсового сырья рекомендуется использовать модифицированные двух - трехфакторные корреляционные зависимости обеспечивающие точность расчетов (погрешность в пределах 8 - 10 %) и включающее минимально необходимое количество переменных.

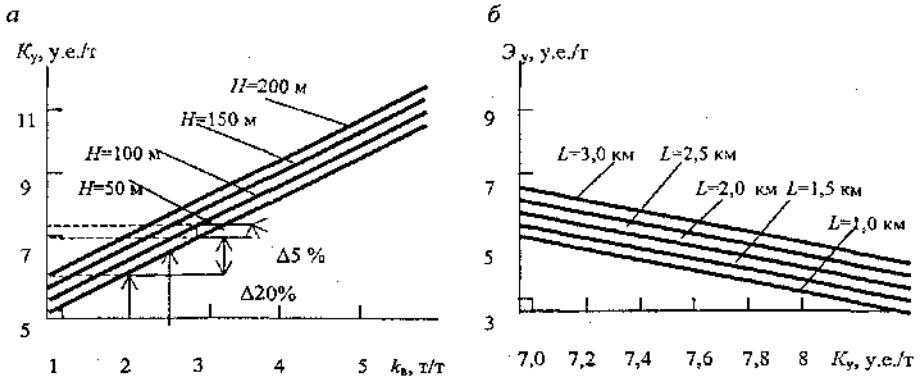


Рисунок 2 — Зависимость удельных капитальных затрат от среднего коэффициента вскрыши и глубины (а); зависимость удельных эксплуатационных затрат от капитальных и дальности транспортирования (б)

Дополнительно установлено, что суммарные капитальные вложения в период строительства предприятия существенно сказываются в последующем на величине текущих затрат (рис. 2, б).

Для анализа решений по статьям затрат предложены модифицированные зависимости, в основу которых положена методика Т.У. Кэмма. Для ее практического использования при эксплуатации малых карьеров на место-

рождениях цветных руд и флюсового сырья с применением средств автотранспорта были установлены значения переводных коэффициентов, вычисленных на основании фактических показателей ряда малых карьеров, а также дополнительно введен в формулы показатель - коэффициент вскрыши (табл. 2).

Сравнение с фактическими данными показало, что расхождение результатов расчетов находится в пределах 4 % для капитальных затрат и 4,6 % - для эксплуатационных, что допустимо.

Таблица 2 – Рекомендуемые расчетные модели капитальных и эксплуатационных затрат, у.е./т

Вид затрат	Удельные капитальные затраты на 1 т годовой производственной мощности по руде	Эксплуатационные затраты на добычу 1 т руды
Всего затрат	$K = 15,05 A^{-0,165} K_b^{0,477} L^{0,047}$	$C = 3,15 A^{-0,088} K_b^{0,464} L^{0,096}$
Зароботная плата	$K_{зп} = 1,46 A^{-0,164} K_b^{0,586} L^{0,033}$	$C_{зп} = 0,18 A^{-0,150} K_b^{0,393} L^{0,138}$
Оборудование	$K_{об} = 10,76 A^{-0,123} K_b^{0,431} L^{0,108}$	$C_{об} = 0,53 A^{0,670} L^{0,050}$
Сталь	$K_c = 0,23 A^{-0,042} K_b^{0,455} L^{0,150}$	$C_c = 0,04 K_b^{0,437}$
ГСМ	$K_{гсм} = 0,28 A^{-0,063} K_b^{0,525} L^{0,140}$	$C_{гсм} = 0,35 K_b^{0,562} L^{0,054}$
Взрывчатые материалы	$K_{вм} = 0,21 A^{-0,177} K_b^{0,662}$	$C_{вм} = 0,22 A^{-0,133} K_b^{0,654}$
Пневматические шины	$K_{пш} = 0,13 A^{-0,036} K_b^{0,437} L^{0,096}$	$C_{пш} = 0,13 A^{-0,051} K_b^{0,498} L^{0,152}$
Прочие затраты	$K_p = 0,28 A^{-0,050} K_b^{0,394} L^{0,136}$	$C_p = 0,07 A^{-0,049} K_b^{0,705}$
Налог на продажу	$K_{нп} = 1,08 K_b^{0,455} L^{0,079}$	

$A$  - годовая производительность карьера по руде, млн. т ;

$K_b$  - коэффициент вскрыши, т/т (средний или текущий в зависимости от требуемой точности);

$L$  - среднее расстояние откатки горной массы, км.

В третьей главе разработана методика предпроектной оценки и комплексной оптимизации главных параметров малых карьеров, реализующая линейную стратегию проектирования.

Алгоритм вычислений (расчетов) сводится к последовательному выполнению процедур, представленных на рис. 3; он реализуется за счет заблаговременного формирования вариантов сочетания главных параметров открытой разработки и соответствующих им календарных графиков расчета их

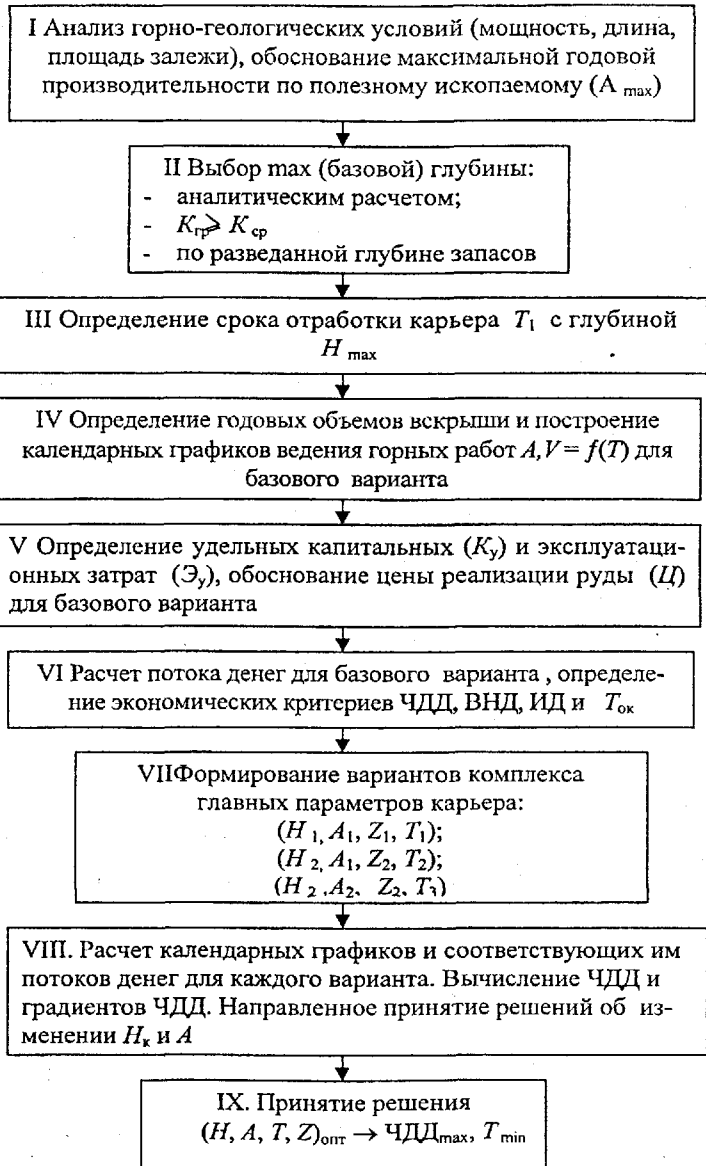


Рисунок 3 – Алгоритм определения комплекса оптимальных параметров карьера с использованием линейной стратегии принятия решений



удельных затрат по упрощенным корреляционным зависимостям и их последующей экономической оценки. Расчет ЧДД осуществляется по разработанной методике экспресс-анализа расчета потока денег в таблицах MS Excel, в которой в качестве основных зависимостей содержатся предложенные в диссертации формулы расчета удельных экономических показателей.

Базовый вариант глубины карьера рекомендуется определять исходя из максимально возможной по разведанным запасам глубины ( $Z_{\max}$ ), либо устанавливать сравнением среднего коэффициента вскрыши с граничным, либо вычислять аналитическим путем. Определять максимально возможную по горно-технологическим условиям годовую производительность по полезному ископаемому и срок эксплуатации карьера рекомендуется по соотношению  $H/h_y = Z/A$ , или по графикам (рис.4, а, б).

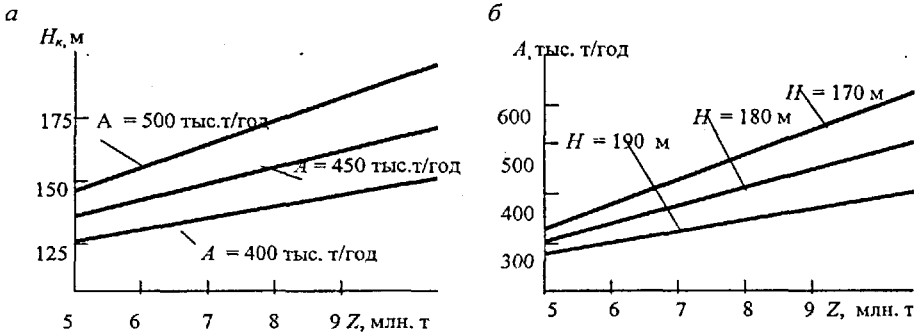


Рисунок 4 – Графики зависимости от величины запасов в контуре карьера глубины при заданной производительности по полезному ископаемому (а) и годовой производительности по полезному ископаемому при заданной глубине карьера (б).

Пример, представленный в табл. 3, характеризуется полным перебором вариантов изменения комплекса параметров  $H$ ,  $A$ ,  $T$ ,  $Z$ , при этом 5-й из девяти рассмотренных вариантов может быть признан наилучшим. Введение градиента ЧДД, показывающего направление наискорейшего возрастания величины ЧДД, сокращает количество рассматриваемых вариантов (табл.4). Если градиент увеличивается, то имеет смысл изменять параметр, если градиент сокращается, изменение параметра достаточно приостановить. В данном случае в зависимости от величины градиента ЧДД последовательно изменяется глубина карьера и его производительность.

Таблица 3 – Поиск комплекса оптимальных параметров карьера полным перебором вариантов на примере отработки месторождения “Осеннее”

Показатель	Номер варианта								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
$H$ , м	210	190	170	210	190	170	210	190	170
$A$ , тыс. т/год	0,5	0,5	0,5	0,4	0,4	0,4	0,3	0,3	0,3
ЧДД, млн. руб.	340,6	535,3	468,3	438,9	612,1	380,2	513,9	556,6	269,0

Таблица 4 – Поиск комплекса оптимальных параметров карьера за счет анализа градиента ЧДД Курмановского хромитового карьера

$H$ , м	$A_p$ , м	$k_v$ , т/т	$T_{\text{суш}}$ , лет	$T_{\text{стр}}$ , лет	$V_{\text{гкр}}$ , млн.м <sup>3</sup>	$h_y$ , м/год	ЧДД, млн. долл.	Градиент
186	550	30,5	10,0	1,5	3,2	18-21	-15,7	0
126	550	16,8	6,5	1,5	1,3	18-21	-11,0	+4,7
	450	14,3	8,0	1,0	0,7	16-18	- 4,5	+6,5
	300	6,3	11,0	1,0	0,7	10-11	0,5	+5,0
106	300	4,2	10,0	1,0	0,7	10-11	5,8	+5,3
66	300	2,2	7,0	1,0	0,7	10-11	9,1	3,3

Применительно к малым карьерам в процессе расчетов установлено, что для маломощных залежей при наибольшей интенсивности ведения горных работ разработка месторождения убыточна из-за чрезмерно высоких текущих коэффициентов вскрыши, резко ухудшающих экономику добычи (табл.4), поэтому для данных условий рекомендуется сокращение производительности карьера по руде по сравнению с максимальной.

В четвертой главе приведены примеры практического применения предложенной методики, которая позволяет решать в короткие сроки, в том числе и нетрадиционные, задачи, такие как обоснование цены на сырую руду на стадии предпроектной оценки разработки месторождения, поиск путей сокращения сроков окупаемости инвестиций при неизменных параметрах карьера и его производительности. Для типичных условий разработки произведена экономическая оценка наиболее часто используемых приемов повышения рентабельности проекта (табл. 5), которая показала, что при обосновании развития горных работ в малых карьерах необходимо в первую очередь стремиться к минимизации текущего коэффициента вскрыши в каждый момент времени. При этом по возможности рекомендуется предусматривать поэтапную разра-

ботку месторождения и в определенных условиях стремиться к изменению годовой производительности по полезному ископаемому.

Эффективность предложенной линейной стратегии проектирования на примере ТЭО месторождения "Осеннее" характеризуется величинами, приведенными в табл.6. Использование разработанной методики, как показано в табл. 6, сокращает время работы над проектом больше чем на месяц, соответственно, и трудозатраты на 30 %, что повышает рентабельность проектных работ.

Таблица 5 – Эффективность технологических приемов повышения рентабельности проекта

Прием	ЧЦ, млн. руб.	ΔЧЦ, млн. руб.	ΔЧДД, %
Отработка с постоянным текущим коэфф. вскрыши	321,0	0	0
Перенос объемов вскрыши на последующие годы	394,9	73,9	23
Увеличение годовой производительности по полезному ископаемому	412,8	91,8	28,6
Отработка с минимальным коэффициентом вскрыши в каждый момент времени	507,4	186,4	61

Таблица 6 – Определение трудоемкости (трудозатрат) выполняемой проектной работы

Наименование проектных работ	Исполнитель		Сред. дневная зарплата, руб.	Стратегия проектирования			
	Кол-во чел.	Должность		циклическая		линейная	
				Кол-во человеко-дней	Зарботная плата за проект тыс. руб.	Кол-во человеко-дней	Зарботная плата за проект, тыс. руб.
ТЭО "Осеннее"	1	ГИП	800	130	104	90	72
	2	Гл. спец.	650	260	169	180	117
	4	Инженер	350	520	182	360	126
					455		315

Разработанная в диссертации методика, используемая на предпроектной стадии оценки малых карьеров, позволяет достоверно определить комплекс оптимальных параметров карьера и найти наиболее экономически эффективный вариант отработки месторождения в пределах точности для ТЭО 90-92 %.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В диссертационной работе на основании выполненных автором исследований решена актуальная научная задача - разработана методика, реализующая линейную стратегию принятия решений при определении оптимальных параметров малых карьеров на предпроектной стадии оценки.

Результаты выполненных и решенных в процессе исследования задач позволяют формулировать следующие **основные выводы и рекомендации**:

1 Анализ параметров действующих и проектируемых предприятий с небольшой производительностью свидетельствует о том, что к малым карьерам необходимо отнести: месторождения, обрабатываемые открытым способом, с производительностью по горной массе до 3 - 4 млн. м<sup>3</sup> в год и запасами полезного ископаемого до 6,0 - 8,5 млн. т, а также со сроком существования до 15 лет, за исключением доломитовых и флюсовых.

2 Анализ существующих методик укрупненных расчетов удельных затрат на открытых горных работах и фактических технико-экономических показателей предприятий показал, что к главным параметрам карьера, влияющим на эффективность проекта, относятся: годовая производительность по полезному ископаемому, текущий коэффициент вскрыши, глубина карьера или дальность транспортирования горной массы из карьера до приемного пункта.

3 Установлено, что основное влияние на величину удельных капитальных и эксплуатационных затрат оказывают годовая производительность по горной массе и глубина карьера или соответствующая ей дальность транспортирования породы из карьера. Введение дополнительных факторов в корреляционные зависимости незначительно увеличивает точность расчетов. Поэтому для определения удельных капитальных и эксплуатационных затрат при предпроектной стадии оценки малых карьеров в условиях ограниченных исходных данных рекомендуется использовать двух-трехфакторные корреляционные зависимости, обеспечивающие приемлемую точность расчетов (погрешность в пределах 8 - 10 %).

4 Установлено, что суммарные капитальные вложения в период строительства предприятия существенно сказываются в последующем на величине

текущих затрат. Чем выше удельные капитальные затраты ( без учета амортизации), тем меньше текущие эксплуатационные издержки.

5 Для стадии предпроектной оценки малых карьеров в работе предложены следующие методические положения, основанные на линейной стратегии проектирования, базирующейся на: анализе геологических условий, выборе базовой глубины, основанной на граничном коэффициенте вскрыши, расчете удельных затрат по предложенным зависимостям, автоматизированном экспресс-расчете потока денег, формировании вариантов комплекса главных параметров карьера, экономической оценке календарных графиков, сравнение ЧДД и градиентов ЧДД, выборе комплекса оптимальных параметров по максимальным ЧДД, ВИД, ИД и минимальному сроку окупаемости.

6 Сокращение числа рассматриваемых вариантов комплексов главных параметров карьера параметров обеспечивается за счет направленной оценки градиента ЧДД, вычисляемой от варианта к варианту. Градиенты вычисляются попеременно для изменяющихся глубины и годовой производственной мощности по полезному ископаемому. Если градиент увеличивается, то имеет смысл изменять параметр, если градиент сокращается, изменение параметра следует приостановить.

7 Выявлено, что для маломощных залежей при наибольшей интенсивности ведения горных работ разработка месторождения убыточна из-за чрезмерно высоких текущих коэффициентов вскрыши, резко ухудшающих экономику добычи, поэтому в данных условиях рекомендуется сокращение производительности карьера по руде по сравнению с максимальной.

8 Эффективность разработанной в диссертации методики определения оптимального комплекса параметров малых карьеров снижает трудозатраты при проектировании на 30 %. Это достигается за счет использования предложенных зависимостей для расчета удельных экономических показателей и сокращением оцениваемых вариантов комплекса главных параметров карьера за счет вычисления градиента ЧДД.

9 Разработанную в диссертации методику определения оптимального комплекса параметров малых карьеров рекомендуется использовать при раз-

работке бизнес-планов, деклараций о намерениях инвестирования, обосновании необходимости оформления лицензий на разведку и разработку месторождения, а также непосредственно на горнодобывающих предприятиях для выработки стратегии поддержания минерально-сырьевой базы за счет эксплуатации месторождений с ограниченными запасами.

---

**Основное содержание диссертации опубликовано в следующих работах:**

- 1 *Хохряков В. С.* Экспресс-метод определения стоимостных параметров горных работ / В. С. Хохряков, Ю. В. Терехина // Компьютерные технологии в горном деле: тез. докл. науч.- техн. конф. – Екатеринбург: УГГА, 1999. – С. 109.
- 2 *Терехина Ю. В.* Обоснование удельных стоимостных показателей для предпроектных технико-экономических расчетов/ Ю. В. Терехина // Итоги и проблемы производства, науки и образования в сфере добычи полезных ископаемых открытым способом. - Екатеринбург: УГГА, 2002. – С. 302 - 305.
- 3 *Хохряков В. С.* Метод удельных показателей для предпроектной оценки вариантов и оптимизации технологии горных работ / В. С. Хохряков, Ю. В. Терехина, И. Н. Загородний // Геотехнологические проблемы комплексного освоения недр. – Екатеринбург, 2004. - С. 138 - 150. – (Сб. науч. тр. / ИГД УрО РАН. - №2 (92).
- 4 *Терехина Ю. В.* Технико-экономическая оценка комплекса взаимосвязанных параметров малых карьеров/ Ю. В. Терехина // Материалы Уральской горнопромышленной декады, г. Екатеринбург, 5-15 апреля 2004 года. - Екатеринбург: УГГА, 2004.- С. 254 –256.
- 5 *Терехина Ю.В.* Определение удельных стоимостных показателей для предварительных технико-экономических обоснований разработки месторождения / Ю. В. Терехина //Известия УГГУ. Сер. Горное дело. - 2005. - № 21. – С. 158-162.
- 6 *Терехина Ю. В.* Методика предпроектной экономической оценки и комплексной оптимизации главных параметров малых карьеров/ Ю. В. Терехина // Основные направления развития инновационно-инвестиционной деятельности предприятий компании УГМК-Холдинг: вторая молодежная науч.- практ. конф.: сб. докл./ ООО УГМК-Холдинг. - Верхняя Пышма, 2006. – С. 195-197.

7 *Хохряков В.С.* Новое в теории оптимизации проектирования открытых горных работ / *В.С. Хохряков, С.В. Корнилова, Ю.И. Лель, А.Д. Стариков, Ю. В. Терехина* // Известия ВУЗов. Сер. Горное дело. - 2006. - № 5. - С. 19-21.

— (в печати).

Подписано в печать 12.07.06 г.

Бумага писчая. Формат 60x84 1/16.

Печать ризографная. Печ. л. 1,1

Тираж 100 экз. Заказ №

---

Информационно-издательский центр УГГУ.

620144, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

