

Б. А. СИМКИН, Ю. К. ШКУТА

**ТЕОРИЯ
ГОРНО-
ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
КАРЬЕРОВ**



АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР

Б. А. СИМКИН, Ю. К. ШКУТА

ТЕОРИЯ ГОРНО- ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

Ответственный редактор
академик М.И. АГОШКОВ



МОСКВА
"НАУКА"
1986

Сичкин Б.А., Шкута Ю.К. **Теория горно-геометрического проектирования карьеров.** — М.: Наука, 1986. 93 с.

Излагаются вопросы теории проектирования открытой разработки месторождений и создания методических основ гипсометрического моделирования. Определен круг исходных данных и ограничений, необходимых для модульного построения гипсометрических моделей.

Издание рассчитано на специалистов-горняков, занятых вопросами проектирования и планирования горных работ, а также преподавателей и студентов горных вузов.

Табл. 15. Ил. 25. Библиогр. 22 назв.

Рецензенты: С.С. Резниченко, В.Г. Шитарев

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Глава 1</i>	
ПОСТАНОВКА И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧ	6
1. Планирование горных работ и методы математического моделирования месторождений	6
2. Анализ применения численных математических методов	8
3. Основные задачи	12
<i>Глава 2</i>	
МЕТОДИКА ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	13
1. Гипсометрическая модель месторождения	13
2. Варианты методики гипсометрического моделирования месторождений	21
3. Особенности методики гипсометрического моделирования	26
4. Перспективы развития системы автоматизированной обработки геолого-технологических данных	31
<i>Глава 3</i>	
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ МЕТОДИКИ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	34
1. Оценка точности кодирования кривых и площадей при помощи полуавтоматического кодирующего устройства "Шифратор-2"	34
2. Площадная и контурная сложность объектов моделирования	36
3. Использование кривой пересеченности для оценки сложности объектов моделирования	38
4. Некоторые оценки точности рассчитываемых параметров	42
<i>Глава 4</i>	
СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТОДИКИ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	44
1. Характеристика комплекса локальных задач	44
2. Основные алгоритмы	48
3. Экономическая оценка эффекта планирования горных работ на ЭВМ	56
4. Использование комплекса программ на ЭВМ ЕС для планирования горных работ на Лебединском ГОКе	60
<i>Глава 5</i>	
ОСНОВЫ МАШИННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	61
1. О современном подходе к решению сложных проектных задач	61
2. Оценка точности исходной геологической информации	63
3. Требования к точности рассчитываемых вариантов	65
4. Обоснование алгоритма машинного поиска планируемого положения фронта горных работ	70
<i>Глава 6</i>	
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГОДОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	73
1. Метод модульного планирования	73
2. Структура, состав, задач, основные модули	76
3. Организация кодов задачи годового планирования горных работ	82
4. Постановка основных задач	87
ЛИТЕРАТУРА	92

АКАДЕМИЯ НАУК СССР
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ КОМПЛЕКСНОГО ОСВОЕНИЯ НЕДР

Б. А. СИМКИН, Ю. К. ШКУТА

ТЕОРИЯ ГОРНО- ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ КАРЬЕРОВ

Ответственный редактор
академик М.И. АГОШКОВ



МОСКВА
"НАУКА"
1986

ОГЛАВЛЕНИЕ

ОТ АВТОРОВ	3
ВВЕДЕНИЕ	4
<i>Глава 1</i>	
ПОСТАНОВКА И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧ	6
1. Планирование горных работ и методы математического моделирования месторождений	6
2. Анализ применения численных математических методов	8
3. Основные задачи	12
<i>Глава 2</i>	
МЕТОДИКА ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ	13
1. Гипсометрическая модель месторождения	13
2. Варианты методики гипсометрического моделирования месторождений	21
3. Особенности методики гипсометрического моделирования	26
4. Перспективы развития системы автоматизированной обработки геолого-технологических данных	31
<i>Глава 3</i>	
НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОЦЕНКИ МЕТОДИКИ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	34
1. Оценка точности кодирования кривых и площадей при помощи полуавтоматического кодирующего устройства "Шифратор-2"	34
2. Площадная и контурная сложность объектов моделирования	36
3. Использование кривой пересеченности для оценки сложности объектов моделирования	38
4. Некоторые оценки точности рассчитываемых параметров	42
<i>Глава 4</i>	
СОСТАВ И НАЗНАЧЕНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕТОДИКИ ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ	44
1. Характеристика комплекса локальных задач	44
2. Основные алгоритмы	48
3. Экономическая оценка эффекта планирования горных работ на ЭВМ	56
4. Использование комплекса программ на ЭВМ ЕС для планирования горных работ на Лебединском ГОКе	60
<i>Глава 5</i>	
ОСНОВЫ МАШИННОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ГОРНЫХ РАБОТ	61
1. О современном подходе к решению сложных проектных задач	61
2. Оценка точности исходной геологической информации	63
3. Требования к точности рассчитываемых вариантов	65
4. Обоснование алгоритма машинного поиска планируемого положения фронта горных работ	70
<i>Глава 6</i>	
МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОПТИМИЗАЦИИ ГОДОВОГО ПЛАНИРОВАНИЯ	73
1. Метод модульного планирования	73
2. Структура, состав, задач, основные модули	76
3. Организация кодов задачи годового планирования горных работ	82
4. Постановка основных задач	87
ЛИТЕРАТУРА	92

ОТ АВТОРОВ

Актуальность рассматриваемых в монографии вопросов очевидна, ибо математические, вычислительные и прикладные аспекты современного горно-геометрического анализа — одно из наиболее перспективных и плодотворных, быстро развивающихся направлений. Однако большая часть работ, различных по глубине постановки вопросов и законченности (или как раз незаконченности результатов), строится, к сожалению, на различной методической основе. Попытка предотвратить методическую разобщенность, определиться в самом подходе, который послужил бы некоторым общим базисом, является главным содержанием труда. В настоящее время практически бесполезны результаты, полученные вне системного подхода и условий, которые гарантировали бы этим результатам место, информационную совместимость и законченность с выходом на типовые проектные решения.

Поэтому основное внимание в книге уделено вопросам установления методического единства при автоматизированном горно-геометрическом анализе — основе при разработке месторождений и проектировании карьеров. Исследования выполнены в лаборатории математического моделирования НИИКМА им. Л.Д. Шевякова при научном и методическом руководстве ИПКОН АН СССР.

В процессе выполнения и внедрения исследования существенная помощь была оказана работниками Лебединского ГОКа: А.Т. Калашниковым, Ю.С. Шекиным, В.Д. Павловым, В.Я. Бабаем, а также сотрудником института "Центрогипроруда" Р.А. Фиделем.

Замечания по содержанию книги, которые будут приняты с благодарностью, просим направлять по адресу: Москва, 111020, Крюковский туп., 4, Институт проблем комплексного освоения недр, лаборатория новой горной технологии и прогнозирования освоения месторождений твердых полезных ископаемых.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время при организации сложного производственного процесса, выполнении научно-проектных разработок, проводимых в условиях, близких к оптимальным, необходимо использование быстродействующих ЭВМ и создание и внедрение автоматизированных систем. С точки зрения научных исследований, проектирования и эксплуатации месторождений наиболее важными и актуальными вопросами открытых горных работ являются вопросы оценки границ месторождений, направлений отработки, мощности горно-рудных предприятий, темпов подвигания и углубки. Решение указанных проблем, а также расчет основных параметров карьеров определяют в конечном счете эффективность действующего предприятия, качество его продукции и оптимальные технологические схемы отработки.

Учет сложных природных характеристик железорудных месторождений КМА, показателей содержания и физико-механических свойств, геолого-технологических сортов руд также порождает трудности, преодоление которых невозможно без математического моделирования и ЭВМ.

К математическому моделированию месторождений в настоящее время предъявляются все более жесткие требования. Если ранее большую ценность имели работы, иллюстрировавшие принципиальную возможность решений задачи с использованием модели месторождения, то теперь важны методы моделирования, которые обеспечивают автоматизированный способ построения моделей. Имеют значение не столько математические модели месторождений, сколько методика, гарантирующая решение возможно более широкого круга проектных и научно-исследовательских задач.

В полной мере сказанное относится к задаче годового планирования открытых горных работ. К особенностям ведения открытых горных работ, например в кварцитном карьере Лебединского ГОКа, относится прежде всего динамический характер наращивания производственной мощности. Дополнительные трудности возникают вследствие необходимости точного учета реального положения горных работ на начало планируемого периода.

Авторами предпринята попытка обосновать и разработать методику гипсометрического моделирования железорудных месторождений КМА, методы расчета на ЭВМ основных задач годового планирования открытых горных работ. Разработанные алгоритмы и программы проиллюстрированы конкретными расчетами.

Надо сказать, что вообще задача годового планирования горных

работ относится к числу весьма сложных, специфических задач области открытых горных работ. Многочисленные попытки решения носят частный характер, хотя они и позволили накопить некоторый опыт в этой области.

В настоящее время признается недостаточность использования математических методов оптимизации (математического программирования, динамического программирования, теории графов), поскольку последние возникли для нужд решения задач иного класса. При их использовании постановки задач либо перегружаются начальными условиями и нестандартными целевыми функциями, либо неоправданно упрощаются. В том и другом случае возникает классическая ситуация, когда для каждой постановки задачи создается специальная машинная программа.

Особенность задачи годового планирования горных работ состоит именно в том, что ей присуще чрезвычайное разнообразие постановок, которое немислимо охватить совокупностью частных реализаций. Возникает необходимость выявления методических основ машинного планирования горных работ и разработки метода планирования, который отличался бы значительной смысловой направленностью при переборе вариантов.

ПОСТАНОВКА И ФОРМУЛИРОВКА ЗАДАЧ

1. ПЛАНИРОВАНИЕ ГОРНЫХ РАБОТ И МЕТОДЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Одна из наиболее важных и сложных задач в области открытых горных работ — задача годового планирования [1, 2]. Годовая деятельность предприятия во многом предопределяется тем, какие приняты параметры горных работ, какая часть месторождения подвергнута отработке, какие вследствие этого возникли горно-технические условия.

Решение данной задачи не может быть проведено на необходимом уровне при использовании ручного счета, вследствие чего задачу в целом необходимо рассматривать с двух основных позиций. Прежде всего успех ее решения во многом определяется принятым методом математического моделирования месторождения и способом отыскания рациональных вариантов развития на ЭВМ, во-вторых, местом и значением задачи в АСУП.

Методы математического моделирования месторождений подробно рассмотрены [3]. За прошедший период не появилось работ, сколько-нибудь оригинальных с точки зрения математического моделирования. Все большее распространение получает идея гипсометрического моделирования.

Формальные методы оптимизации — методы математического программирования, как показывает практика, не учитывают разносторонние особенности и условия решения задачи годового планирования горных работ [4,5]. Именно поэтому возникает необходимость разработки таких методических основ годового планирования горных работ, которые бы соответствовали самой природе задачи, практическому опыту ее решения, учитывали опыт человека и в перспективе были сориентированы на диалоговый подход.

С точки зрения разработки и создания АСУП в железорудной подотрасли следует отметить весьма низкий процент использования в ней задач оптимизации [6], которые составляют не более 5%. Объясняется это, с одной стороны, тем, что апробированные решения слабо внедряются в родственных организациях. С другой стороны, применяемые решения учитывают только особенности данного предприятия, вследствие чего использование этих решений в иных условиях требует радикальной переделки.

Разработанные методические подходы не ориентированы на ти-

повые проектные решения. По мнению выдающегося советского ученого Л.В. Канторовича, создание моделей текущего (годового) планирования ведется в немногих институтах, научная и методическая разработка их недостаточна. Целесообразна разработка моделей с адаптивными свойствами, ориентированными на режим диалога. Решающее значение приобретает не столько сходимость к оптимальному решению, сколько быстрота получения ответа в режиме реального времени с необходимой для практики точностью [6].

Достаточно полные сведения о применении ЭВМ за рубежом даны в [7], что освобождает от необходимости специального рассмотрения этого вопроса. Много ценных материалов приведено в [8]. Остановимся кратко лишь на некоторых важных для нас работах.

В [9] представлены данные сравнения ручных и машинных методов планирования. В результате тестирования установлено, что машинные результаты уступают ручному счету. Специалисты предварительно фактически вырабатывают технологические схемы, которые стохастически лучше, чем схемы, выработанные компьютерными программами. Это чрезвычайно важный момент, который говорит о "жесткости" применяемых для планирования методов и программ.

В [10] нашла отражение попытка создания типовой системы, пригодной для большинства действующих предприятий. Основное внимание было уделено мини-компьютеру и периферийным устройствам. Динамическая сущность задачи планирования деятельности горного предприятия требует, по мнению авторов, непосредственного участия горного инженера в самом процессе планирования. Разработка также показала, что наиболее сложные моменты не подлежат эффективному планированию. Хотя в данном случае применялась блочная модель, однако была создана библиотека первичных модулей, которые использовались для каждого проекта по мере необходимости. Предназначена эта система для медных и железорудных карьеров. Техническое обеспечение системы построено на базе мини-ЭВМ, а также включает пульт управления, графический дисплей, цифровое табло, графопостроитель рулонного типа.

В [11] рассмотрены перспективы использования ЭВМ в горной промышленности в 80-х годах. Показано, что вследствие совершенствования программ и ЭВМ их применение будет отличаться значительно большей эффективностью. Основное направление создания компьютерной техники — это создание микро-и мини-компьютеров широкого профиля, которые находятся в стадии разработки. Основными, таким образом, станут малые ЭВМ, объединенные системой коммуникации. Это в свою очередь позволит максимизировать все ресурсы компьютера и человека.

Отметим, что подобные оценки и прогнозы совпадают с теми, что выработаны советской наукой и изложены, например, в работе академика В.М. Глушкова [12].

Таким образом, представляется очевидным, что методы планирования годового развития горных работ, равно как и математическое и техническое их обеспечение, должны быть сориентированы

на разработку гибкой адаптивной системы, оснащенной совершенными внешними устройствами, что позволило бы разрабатывать и внедрять человеко-машинные методы решения.

2. АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ ЧИСЛЕННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МЕТОДОВ

Прежде чем оценить используемые при планировании математические методы, остановимся кратко на сложности самой задачи планирования горных работ. Совершенно очевидно, что эта задача не относится к числу простых вследствие сложности ее внутреннего строения. Прежде всего можно выделить параметры, знание которых и является конечной целью решения данной задачи. При полном переборе таких параметров насчитывается несколько десятков, при укрупненном — полтора—два десятка. Это первый неформальный признак, вследствие которого задача должна быть отнесена к сложным.

Получение численных оценок параметров базируется на очень большом объеме информации (сотни тысяч единиц), причем очень разнообразной: геологической, технологической, нормативной, экономической. Совершенно обязательно при этом построение математических моделей месторождения, карьера, экономико-математической модели, что также характеризует задачу как сложную.

Выбор положения горных работ сам по себе представляет нестандартную задачу, хотя является лишь частью всей задачи.

Каждый из рассчитываемых параметров отыскивается в той или иной мере с использованием оптимизации; решение же всей задачи основано на критериальных оценках и направлено либо на получение максимальной прибыли [23], либо на выполнение технологических ограничений.

Кроме того, наличие математических моделей месторождения и карьера предопределяет математический аппарат поиска рациональных вариантов развития горных работ. При этом [4, 13] под управлением понимается процесс такого целенаправленного воздействия на объект, в результате которого объект переходит в требуемое (целевое) состояние. В данном же случае мы имеем не только сложную задачу управления, но и сложный объект. В [1] и [14] карьер прямо рассматривается как сложная система, характеризующаяся своей структурой, иерархией и надежностью функционирования.

К неформальным характеристикам задачи планирования горных работ следует отнести и тот факт, что всякий карьер, месторождение, горные работы в целом имеют множество отличающих их от прочих объектов свойств и особенностей, учет которых в моделях, методах, алгоритмах требует большого профессионализма и искусства. Например, очень важно, является ли принятая система разработки однобортной или многобортной, прямолинейной или криволинейной фронт работ, ведется ли отработка месторождений участками, какова принятая транспортная система и так далее.

Очевидна также стохастичность, свойственная данной задаче, что привносит свои трудности. К тому же имеет место "сопротивляемость" объекта самому процессу управляющих воздействий. Это выражается, в частности, в том, что критерии отыскания экстремальных значений отдельных параметров противоречат друг другу, усложняя поиск рационального решения. Например, рост производительности погрузочного оборудования, который связан с увеличением ширины рабочей площадки, приводит к возрастанию эксплуатационного коэффициента вскрыши, минимизации готовых к выемке запасов, уменьшает одновременно надежность функционирования карьера, увеличивая тем самым риск невыполнения годового задания по добыче и вскрыше.

Примеры можно продолжить, однако сказанного, нам представляется, достаточно, чтобы сделать вывод о значительной сложности задачи годового планирования горных работ, не говоря уже о задаче планирования вообще. Можно лишь добавить, что в данном случае мы имеем дело с нестационарным объектом, который динамично и не всегда предвиденным образом меняется в пространстве и времени. Подобный "дрейф" порождает необходимость постоянных либо периодических корректировок, относящихся как к математической модели объекта, так и к математической модели карьера.

Рассмотрим в некотором смысле с принципиальных позиций применяемые для решения названной задачи математические методы оптимизации. Основным методом решения задач математического программирования [4] является так называемый рекуррентный метод. Суть его сводится к тому, что последовательно отыскиваются решения задачи $v_0, v_1, \dots, v_n, \dots$, которые характеризуются следующими свойствами:

каждый последующий член последовательности в том или ином смысле предпочтительнее предыдущего, т.е.

$$v_{i+1} > v_i,$$

где $>$ — знак предпочтения;

последовательность $\{v_i\} - V$, которое с определенной точностью и принимается за решение.

Укажем прежде всего, что для использования его в принципе необходима предварительная дискретизация модели месторождения, которая с этой целью представляется в блочном виде, после чего осуществляется набор вариантов.

Разбиением на блоки создают возможность набирать альтернативные варианты. Систему ограничений строят в расчете на блоки. Ограничивают последовательность отработки блоков, ширину рабочей площади, кривизну фронта горных работ и тому подобное. Чем больше блоков, тем больше проверок выполнения условий, тем больше используемое машинное время.

Малое количество блоков ведет к серьезным погрешностям. Возникает порочная цепь, заключающаяся в том, что ради привлечения известных методов оптимизации — линейного программирования, теории графов — создают искусственную форму дискрети-

ственная функция такого объекта исследования, как карьер, зависит от большого числа переменных.

Известный метод ветвей и границ представляет собой модификацию распространенного метода α — β отсечения [16]. Достоинства метода выгодно отличают его от прочих подходов [5, 15], некоторое внимание в нем уделяется эвристическому началу, учитываются результаты планирования на данный момент и перспектива, довольно легко вычисляется нижняя оценка целевой функции.

Оптимизация ведется всякий раз в продолжение того варианта, нижняя оценка целевой функции которого на данном этапе лучше.

Часто, однако, оказывается, что предположение об оптимальности течения процесса на данной ветви не подтверждается, ветвь приходится обрывать и переходить на другие варианты. Очевидно, что для определения глобального экстремума необходимо перебрать хотя бы начальные этапы всех вариантов, что не дает существенного сокращения числа пересмотренных вариантов. В [17] указывается, что метод α — β отсечения требует для своей реализации

$$m = N^{1/2}$$

вариантов (N — общее число вариантов), однако на практике

$$m = N/2.$$

Эффективность метода ветвей и границ того же порядка, что и метода вариантов. Серьезным недостатком метода следует также считать необходимость запоминания всех рассчитываемых, обрываемых и усеченных вариантов дерева перебора, что требует чрезвычайно большой памяти ЭВМ и большого времени расчета. Так же как и для метода линейного программирования, необходимо выполнять дискретизацию модели месторождения для представления ее в блочном виде.

Несмотря на имеющиеся модификации метода ветвей и границ [17, 18], недостатки метода не позволяют опираться на него при отыскании решений, использовать его в качестве базы для развития математического обеспечения задачи планирования горных работ.

На основании сказанного можно сделать вывод, что известные математические методы более пригодны для решения этапных задач, таких, как долгосрочное и пятилетнее планирование, либо же задач размещения, нежели специфичной задачи, каковой является задача отыскания положения горных работ при годовом планировании, обеспечивающая значение расчетных параметров в соответствии со своими ограничениями.

Представляется также неизбежным использование в нашем случае методов, опирающихся как на формальное, так и неформальное начало. Подобный подход получает все более широкое распространение, касается ли это задач проектирования [12], вопросов управления [4, 6] или вопросов разработки АСУП [6, 12].

3. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ

Начала методики гипсометрического моделирования, полученные авторами и изложенные в 1974—1976 гг. [3], в последующем получили существенное развитие. В настоящей работе излагаются методические положения и некоторые практические результаты, полученные в последние годы. Основное внимание уделено методическим результатам, сознательно опущены многие вопросы математического, программного, технического и организационного обеспечения, вопросы разработки типовых и оригинальных проектных решений, вопросы организации нормативного обеспечения. Практически не затрагиваются вопросы системы автоматического проектирования горнодобывающих предприятий. Эти вопросы рассматриваются авторами в соответствующих работах.

Представленные в данной работе методические основы машинного планирования горных работ целиком базируются на методике гипсометрического моделирования. На этой же основе на ЭВМ строится математическая модель карьера.

Нет необходимости останавливаться специально на важности и значении задачи текущего планирования, это в достаточной степени общеизвестно. Отметим лишь, что выбор объекта для иллюстрации определен тем, что в настоящее время нет системных исследований и разработок, которые бы отвечали конкретным условиям кварцитного карьера Лебединского ГОКа. С другой стороны, кварцитный карьер ЛГОКа, разрабатывая Центральную залежь, является самым крупным и потому уже наиболее представительным объектом горнодобывающих предприятий КМА.

Отметим еще раз, что используемые в настоящее время математические методы при решении посредством ЭВМ задачи квартального и годового планирования не в полной мере удовлетворяют специфическим особенностям объекта. Практические результаты показывают, что лучшее в пределах данной постановки и метода решение не является таковым на самом деле. Здесь влияют и величина погрешности в исходной горно-геологической информации и вопросы материально-технического снабжения и организации работ.

Вследствие этого особо полезны решения, близкие к лучшему, необходим "инсайт" — нащупывание решения, что не обеспечивается методами оптимизации. В процессе традиционного отыскания решений совершенно не используются опыт и знания человека, которые при ручном счете (и достаточной квалификации) обеспечивают сходимость решений к рациональному с точностью до "интуиции".

При ручном счете технолог-проектировщик, горный инженер или маркшейдер на предприятии в процессе отыскания годового плана рассматривают несколько вариантов, часто всего лишь два-три, следовательно, сотни и тысячи вариантов, просматриваемые на ЭВМ, не являются обязательными. Это своего рода "плата" за научный формализм, за метод.

Отсюда ясно, что пока не будут разработаны специфические

методы, ориентированные на задачи планирования развития горных работ, пока не будет использоваться способность человека назначать и оценивать варианты, до тех пор не будет достигнут существенный прогресс в этой области.

Суммируя сказанное выше, можно определить и основные задачи. К ним в первую очередь относятся рассмотрение предлагаемой методики гипсометрического моделирования, оценка точности исходной горно-геологической информации, обоснование требований к точности рассчитываемых параметров, разработка метода машинного планирования горных работ, сориентированного на создание диалоговой человеко-машинной системы. Ставится также задача изучить достаточно широкий круг параметров, рассчитываемых в рамках предлагаемого методического подхода.

Глава 2

МЕТОДИКА ГИПСОМЕТРИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

1. ГИПСОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Соединение возможностей аналитического и дискретного моделирования порождает класс смешанных моделей, так называемых дискретно-аналитических. К достоинствам этого класса моделей относится комплексная форма представления исходной горно-геологической информации. Примером такого класса моделей служит (рис. 2.1) гипсометрическая модель [3].

Суть гипсометрической модели сводится к тому, что автоматизируется процесс кодирования, хранения, переработки и выдачи результатов. Гипсометрическая модель строится путем кодирования погоризонтных планов и вертикальных разрезов, изолиний топоповерхностей, линий раздела качественных признаков, контуров месторождения. Аналогично кодируются линии контуров карьера, положения фронта работ, разрезной траншеи, трассы рудовозных дорог, съезды.

Количество учитываемых признаков может быть любым и практически не ограничиваться. Контурные богатых рудных тел, окисленных и неокисленных кварцитов, породных включений, выработанного пространства и контурные рабочих горизонтов также представляются в формализованном виде. Гладкие кривые в процессе дискретизации преобразуются в замкнутые ломаные, когда вершины последних приходятся на характерные узлы.

Площади, ограничиваемые контурами различных качественных признаков, вычисляются с использованием известных формул. Выбрав систему координат и поместив все месторождение в положительный октант, рассмотрим для примера любой погоризонтный срез