

Г. И. ВИЛЕСОВ · А. Н. ИВЧЕНКО · И. М. ДИДЕНКО

# МЕТОДИКА ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

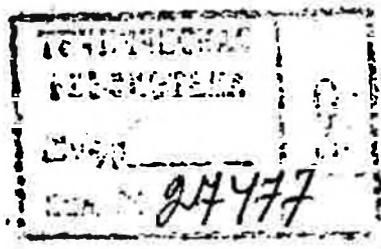


78 2007 622.1 В44  
Г. И. ВИЛЕСОВ, А. Н. ИВЧЕНКО,  
И. М. ДИДЕНКО

# МЕТОДИКА ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Под общей редакцией проф. Г. И. ВИЛЕСОВА

*Список литературы*  
*Иванов С. П.*



ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»  
Москва 1973

УДК 622.142.5

Вилесов Г. И., Ивченко А. Н., Диденко И. М. Методика геометризации месторождений. М., «Недра», 1973. 176 с.

В книге отражены теоретические основы геометризации, вопросы моделирования рудников и месторождений полезных ископаемых, а также дана общая методика геометризации месторождений полезных ископаемых. Обобщен практический опыт геометризации месторождений разных типов: угольных, россыпных, разрабатываемых открытым способом, медноколчеданных, железорудных, золоторудных и нерудных полезных ископаемых.

Книга предназначена для работников геолого-маркшейдерских отделов горных предприятий, а также может быть полезна для преподавателей и студентов горных вузов и факультетов.

Таблиц 14, иллюстраций 50, список литературы — 38 назв.

0373—505

В

043(01)—73

433—73

© Издательство «Недра», 1973

## ПРЕДИСЛОВИЕ

Из недр земли ежегодно добываются огромные количества различных полезных ископаемых. Максимально снижать их потери при выемке и переработке, извлекать из руд все содержащиеся в них ценные компоненты — вот сущность подлинно хозяйственного отношения к запасам полезных ископаемых.

Рациональная отработка месторождений возможна в том случае, если при проектировании и эксплуатации имеется наиболее полная информация о залежи. Однако разведочная сеть представляет собой выборочный метод исследования генеральной совокупности (всего месторождения). При этом между разведочными линиями и разведочными выработками всегда образуются полосы и участки неопределенности.

Задача маркшейдерско-геологической службы в этих условиях — создать модель месторождения с наибольшим подобием с целью получения новой информации для рационального проектирования и проведения горных работ.

Метод моделирования многообразен. Модели могут быть предметные, идеально-мыслимые, логически-математические, графические и т. д.

В книге рассмотрено только графическое моделирование с использованием статистического анализа. Модели графиков включают все пространственные данные об исследуемых месторождениях, создают систему логических взаимосвязей всех качественных, количественных показателей и пространственных соотношений.

Геометризацию месторождений в зависимости от природных условий, плотности и вида разведочной сети и горнотехнических особенностей осуществляют следующими способами: вертикальных разрезов, горизонтальных сечений, предметного моделирования, построения наглядных объемных графиков, изолиний и комбинированными. Однако универсальным является способ изолиний, разработанный проф. П. К. Соболевским.

Построить совершенно точные модели при геометризации месторождений нельзя, поэтому по данным разведки строят модели только первого приближения. С получением новых данных происходит их видоизменение и пополнение. Этот процесс непрерывно продолжается до момента отработки месторождения. Однако построенные геометрические графики в любой момент времени дают представление о месторождении (по совокупности всех данных) и позволяют осуществлять прогнозирование средних значений количественных и качественных показателей на нижележащие горизонты.

Конкретная методика геометризации рассмотрена на примерах уральских месторождений (медноколчеданных, железорудных, золоторудных и хризотил-асбеста):

- Авторы благодарны проф. В. А. Букринскому за ценные замечания, сделанные при подготовке рукописи.

- Замечания и пожелания по улучшению книги просим направлять по адресу: г. Свердловск, Университетская 9, Свердловский горный институт, кафедра маркшейдерского дела.

## Глава I

### ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О ГЕОМЕТРИЗАЦИИ

Значительное увеличение добычи полезных ископаемых может быть достигнуто не только за счет ввода в эксплуатацию новых месторождений, но и в результате наиболее рациональной разработки существующих, на основе хорошей изученности и полного представления о форме их залегания.

Геометризация месторождения — это процесс его изучения, познания и графического моделирования. Вновь полученные данные при разведке, особенно при эксплуатации, уточняют представление о месторождении, позволяют корректировать ранее составленные графики и использовать графическую модель для решения горнотехнических задач.

На действующих горных предприятиях изучение архива, вскрытие закономерностей в отработанных участках и прогнозирование их на нижележащие соседние участки позволяет проводить наиболее рациональное планирование горных работ с меньшими потерями полезных ископаемых.

Значение геометризации месторождений с каждым годом увеличивается в связи с увеличением скорости проведения горных работ и повышенными требованиями к качеству добываемого полезного ископаемого [4, 5, 28, 29, 34, 36].

На основе геометризации месторождений определяются форма залегания полезных ископаемых, анализируется замещение оруденения; выбираются оптимальные варианты оконтуривания залежей и решаются многие другие горнотехнические задачи.

## § 1. ИСХОДНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ И ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ К НИМ

Наиболее достоверными данными, характеризующими форму залегания залежей и изменения их свойств, являются материалы съемки и разведки, полученные в горно-эксплуатационных выработках, а также материалы архива.

При изучении горно-геологических условий месторождения необходимо обращать внимание на: степень разведанности месторождения, систему разведки, процент выхода керна, способы опробования, геологическое строение и гидрогеологические особенности, точность получения координат маркшейдерских и разведочных точек, форму залегания залежей и качественных их особенностей (условия залегания, глубину, мощность и т. д.); горнотехнические условия разработки месторождения.

Горно-геометрический анализ заключается в том, чтобы многочисленные исследования разной точности и разного времени их проведения свести в четкий инженерный график, который позволял бы выявлять закономерности месторождения. Главнейшими условиями успешного выполнения горно-геометрического анализа является однородность исходных данных — анализ проб, их обработка и контроль, способы определения объемных весов, определение взаимных зависимостей компонентов для вычисления их по ограниченному числу определений и т. д.

Для удобства обработки данных необходимо создать информационно-поисковую систему (ИПС) на перфокартах. Учитывая большой объем и разнообразие форм документации, можно применять способ перфокарт ручной сортировки (карты типа К-5) или машинной с помощью сортировочных машин.

Массив («колода») перфокарт представляет собой сумму всех данных, характеризующих месторождение. При системе перфокарт отпадает необходимость в журнальной документации, что организует работу и сокращает время на получение большого количества средних данных при геометризации месторождений. Поэтому возникает особая необходимость наи-

более широкого внедрения документации на перфокартах при геометризации месторождений.

Одним из недостатков в проведении горно-геотехнических работ некоторые считают трудоемкость графических работ. Во избежание затрат большого количества времени на графические построения необходимо применять рациональные способы механизации графических работ, разработанные и обобщенные в методических указаниях ВНИМИ. Снизить затраты труда на выполнение графических работ можно за счет применения прозрачных синтетических материалов и последующего многократного светокопирования маркшейдерской основы.

В результате теоретических и экспериментальных работ ВНИМИ созданы сухие переводные изображения многократного использования для нанесения надписей и условных обозначений на планах; изготавливаются стандартные планшеты механизированным и автоматизированным способом с нанесением сеток и зарамочного оформления методом офсетной печати; разработана технология изготовления безручного копирования сводных планов и дубликатов их на лавсане; маркшейдерскую основу геометрических графиков можно получать фотомеханическим или электрографическим способом, тогда получение графиков форм залегания и качественных особенностей сведется только к проведению изолиний [24].

В настоящее время во ВНИМИ ведут работы по автоматизированному методу построения горно-геометрических графиков [25] на основе программ для ЭЦВМ, позволяющих на алфавитно-цифровых устройствах строить горно-геометрические графики по методу изолиний. Исходными данными являются координаты разведочных выработок и значений показателей.

Для эффективного использования возможной вычислительной техники при геометризации месторождений необходимо соответствующее преобразование геолого-маркшейдерской информации, приведение ее к виду, удобному к вводу в память машин.

Значение геологической документации в общем комплексе геологоразведочных и эксплуатационных работ и при геометризации месторождений исключи-

тельно велико [23]. Вместе с тем основная документация имеет существенный недостаток — субъективность исполнителей.

Механизация и увеличение объемов горных работ предъявляют новые требования к геологической документации. В СССР и других странах в настоящее время много делается по разработке метода геологической фотодокументации, которая может производиться в период предварительной, детальной и эксплуатационной разведки месторождений. Например, только при фотосъемке необходимо применять короткофокусные широкоугольные объективы с углом зрения более  $70^\circ$  (ФЭД, «Зоркий»); наилучшие результаты изображения достигаются при использовании 35 мм чернойбелой кинонегативной пленки А-2, чувствительностью 180 единиц [23].

Используя метод стереоскопии, можно решать многие задачи, например, по обратному стереоэффекту детально изучить трещиноватость и макроскопию пород. Для геологического картирования уступов с успехом используется фотография, а для повышения возможности дешифрирования — цветная фотодокументация.

В зависимости от природных условий и методов разведки геометризацию месторождений можно осуществлять следующими способами: вертикальных разрезов, горизонтальных сечений, моделирования; построения наглядных объемных графиков; изолиний или их комбинациями.

## § 2. ВЫБОР ПЛОСКОСТИ ПРОЕКЦИИ

В зависимости от пространственного положения залежей их можно проектировать на горизонтальную, вертикальную или наклонную плоскость, и только когда залежи имеют различное, резко изменяющееся простирание и падение, проектирование на любую плоскость дает значительные искажения. Таким образом, наглядность геометрических графиков, простота их построения, точность, удобство использования при проектировании и текущих расчетах зависят от правильного выбора плоскости проекции.

Необходимо, чтобы геометрические графики хо-

рошо читались, были метричными и имели минимальные искажения, чтобы с помощью простейших вычислений или номограмм по графикам можно было получать истинные размеры выработок и площадей. Поэтому залежь проектируют на горизонтальную плоскость при углах падения  $\delta = 0 \div 45^\circ$ , а на вертикальную плоскость при  $\delta = 60 \div 90^\circ$ . При проектировании залежи на наклонную плоскость ( $\delta = 45 \div 60^\circ$ ) необходима механизация графических построений с помощью аффинографа УАП-3 [37].

### § 3. ВЕЛИЧИНА СЕЧЕНИЯ РЕЛЬЕФА

Выбор сечения изопографических поверхностей зависит от залегания залежи, масштаба графика изменчивости показателей, технических ошибок исходных данных. Произвольный выбор сечения часто является причиной нагромождения изолиний, увеличения затрат труда на их построение, в результате чего создается ложное представление о высокой точности графиков. Проф. П. К. Соболевский рассматривал выбор величины сечения качественных графиков и изомощностей в зависимости от средней погрешности арифметической середины и считал возможной определять ее по формуле

$$\Delta h_k = 6m_k,$$

где  $\Delta h_k$  — величина сечения;

$m_k$  — средняя погрешность арифметической середины.

Выбор величины сечения графиков форм залегания зависит прежде всего от углов падения залежей и находится по формуле

$$\Delta h = \frac{aN \operatorname{tg} \delta}{1000}, \text{ м},$$

где  $\Delta h$  — величина сечения рельефа;

$a$  — коэффициент (для выдержанных залежей равен 10 мм, для невыдержанных 5 мм);

$N$  — знаменатель численного масштаба графика;

$\delta$  — средний угол падения, плоскостей форм залегания (пластов, сместителей и т. д.).

Очень часто совмещают несколько изоповерхно-

стей на одном геометрическом графике. При этом получается графическая перегрузка и снижается удобочитаемость графиков. Поэтому не следует на одном графике совмещать несколько семейств изолиний. Только в крайнем случае можно допускать совмещение двух поверхностей, но при условии, что изолинии должны быть различных цветов. При выполнении графиков на прозрачной основе возможно совмещение двух графиков в любом нужном сочетании [7].

#### § 4. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ РАЗВЕДОЧНЫХ ВЫРАБОТОК И ЛИНИЙ

Одним из первоначальных этапов геометризации месторождений является геометрический анализ данных разведочных скважин. При этом большое значение имеет учет отклонения скважин от заданного направления, так как точность построения форм залегающих залежей в значительной степени зависит от учета искривления осей скважин.

Например, на одном месторождении средняя интенсивность искривления скважин диаметром 36—59 мм была равна  $1,7 \div 6^\circ$  на 20 м; при диаметре 66—76 мм —  $1^\circ$  на 20 м. Крутое падение залежей и смена горных пород по твердости способствуют выполаживанию наклонных скважин по восстанию пород. При одинаковом диаметре алмазное бурение дает меньшие искривления, чем дробовое. С увеличением скорости вращения бурения интенсивность искривления снижается. Таким образом, на отклонение осей скважин влияет значительное количество факторов. Так как при геометризации месторождений приходится изучать данные бурения за длительный промежуток времени, то они оказываются крайне неоднородными. Одни скважины имеют азимутальные и зенитные искривления, другие — только зенитные, а третьи не имеют замеров кривизны. В этом случае требуется изучение их, выявление закономерностей искривления и построение типовых кривых.

Сглаживание результатов инклинометрических измерений снижает уровень случайных ошибок. В простейшем случае (рис. 1) искривление скважин рас-

сматривается в одной плоскости (азимутальных или зенитных отклонений).

Наименьшая погрешность получается в том случае, когда замеры кривизны от точки измерения распространяются на полиинтервала вверх и полиинтервала вниз или по полусумме углов. Все вычисления производят по способу разомкнутого пространственного полигона. После сглаживания оси скважины аппроксимируются кривыми двойкой кривизны. При наличии закономерных искривлений по результатам замеров кривизны осей скважин возможно аналитическое определение корреляционной зависимости между глубиной и их отклонениями, вычисление уравнений связи для отдельных групп скважин, но только отдельно для азимутальных и зенитных замеров.

В случае применения на месторождении различных способов учета искривления осей скважин и наличия закономерных отклонений необходимо руководствоваться следующим: у скважин, имеющих азимутальные и зенитные искривления, при геометрических построениях они полностью учитываются; у скважин, имеющих только зенитные искривления, учитываются их данные, а азимутальные принимаются по типовым кривым или уравнению связи. В скважины, совсем не имеющие замеров искривлений, вводятся поправки на основании уравнений связи.

На паспортах скважин указывают процент выхода керна, литологический состав пород, содержание полезных и вредных компонентов. Выделяются пакки, отвечающие требованиям кондиции, и строится кривая распределения, которая позволяет выявить зональность, взаимосвязь оруденения и состав пород.

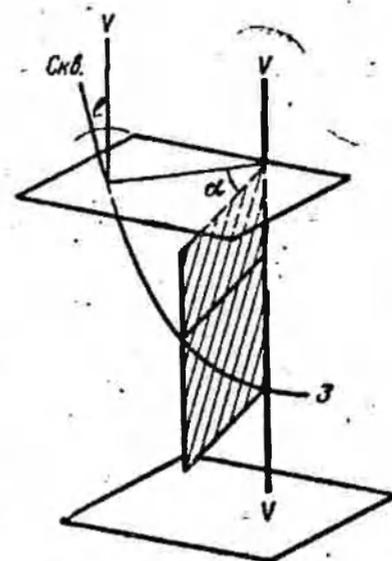


Рис. 1. Азимутальное и зенитное искривление осей скважин

Геометризация разведочных линий одна из ответственных частей горно-геометрических построений. Для нее нужна наиболее точная пространственная основа, учет искривлений скважин, искажений за счет проектирования на плоскость разреза, учет разрывов сплошности из-за тектонических нарушений и фациальных замещений одних пород другими. Из-за недостаточного количества исходных данных всегда возникает неопределенность, вариантность и субъективность в построениях. Во избежание этого прежде всего выявляют и наносят на разрезы маркирующие горизонты, выявляют геометрию отражающих поверхностей при геофизических работах, показывают верхние горизонты, отработанные горными работами. Затем, учитывая соподчиненность пород, постепенно выполняют все последующие построения. Но при этом все время учитывают геологическую обстановку (палеонтологические исследования, спорный анализ и т. д.).

#### § 5. ПОСТРОЕНИЕ И НАЗНАЧЕНИЕ ГРАФИКОВ ФОРМЫ ЗАЛЕГАНИЯ

Графики сместителей. Наличие тектонических нарушений осложняет добычу полезных ископаемых. Происходит неправильное изображение залежей, неверные решения при проектировании горных работ, нарушение текущих работ, излишне теряются запасы, возникают пожары из-за невыработанного полезного ископаемого, увеличивается число подготовительных выработок, усиливается приток воды, расход леса, возникают обвалы кровли и т. д. При производстве геологоразведочных работ и геометризации нарушения затрудняют расшифровку структуры месторождения. Горные выработки на многих месторождениях находятся в напряженном состоянии из-за недостаточного фронта очистных работ, подготовка которых лимитируется чрезвычайно большим количеством нарушений.

Подробная пространственная геолого-геометрическая характеристика дизъюнктивных нарушений является одной из главных задач геолого-маркшейдерской службы. Наблюдая многообразие дизъюнктивных форм в природе, различные исследователи стре-

мятся систематизировать эти формы и классифицировать их. Однако классификация при изучении смещений и геометризации играет второстепенную роль.

В результате систематических наблюдений в горных выработках и на поверхности накапливается достаточное количество данных о нарушениях, которые могут быть систематизованы и затем геометризованы. Для этого вначале составляется каталог наблюдений тектонических нарушений (табл. 1).

Однородные по элементам залегания нарушения можно выделить в особые группы при помощи круговой или прямоугольной точечных диаграмм. Пользуясь этими диаграммами, каждое наблюдаемое смещение можно изобразить точкой. Семейства точек позволят выделить отдельные группы по геометрическим признакам. Такое деление трещин на группы значительно облегчает дальнейшее исследование смещений.

Следующим этапом изучения дизъюнктивных нарушений является построение графиков сместителей в изолиниях. Для этого на маркшейдерский план накладывают восковку и наносят на нее только те точки сместителей, которые попали в

Таблица 1

Дата наблюдения	Шкала	Плоск.	Горизонт	Выработка		Координаты		Элемент залегания				Мощность трещины смещения, м	Относительный возраст трещины	Материал, заполняющий трещину	Вмещающие породы	Геологическая амплитуда смещения, м	Зарисовки	Примечания	
				Наименование	Номер	Х	У	Азимут, градус	Угол падения, градус	Анализ	Плоск.								Анализ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20

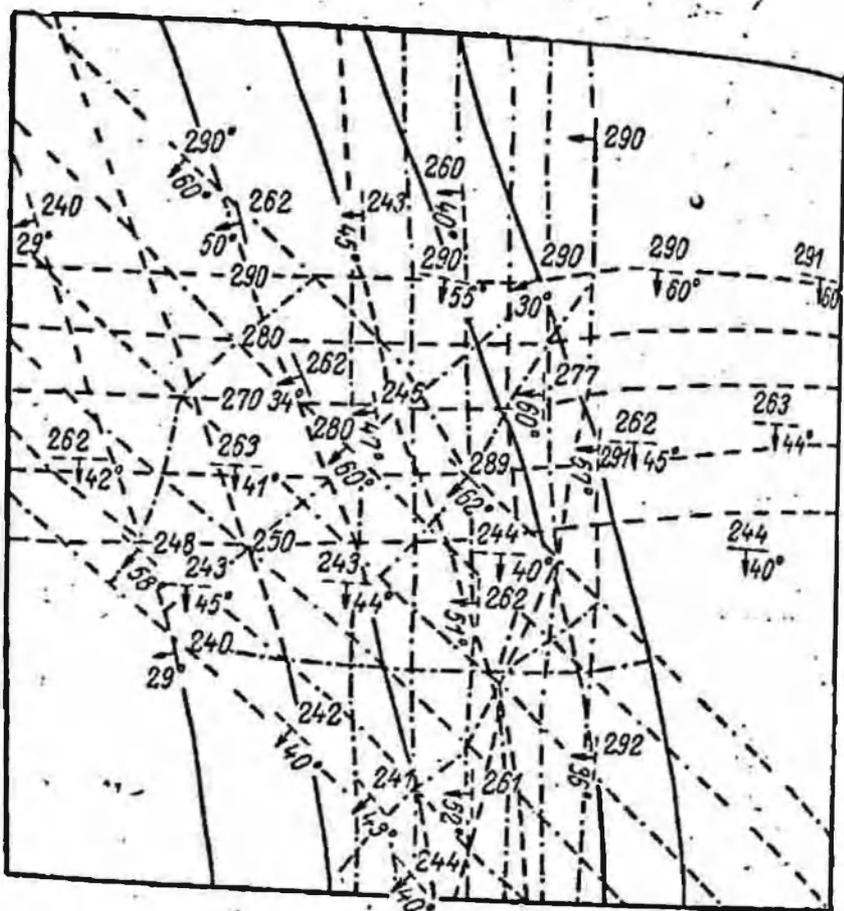


Рис. 2. График сместителей

первую группу диаграммы. Пользуясь номерами точек и данными журнала, на восковке у каждой точки вычерчивают направление нарушения, подписывают углы падения сместителя и отметки. Используя эти данные, можно изображать форму залегания сместителя при помощи изолиний (в карандаше). Затем это изображение корректируется имеющимися геологическими данными (рис. 2).

Совершенно аналогично строят и изображают в наглядной форме смещения второй и последующих групп. Совместное рассмотрение изоповерхностей отдельных сместителей на восковках позволяет построить, наконец, график, на котором изображают в изолиниях все основные сместители и находят линии их пересечения. По этим графикам можно уверенно делать прогнозы на один, два эксплуатационных го-

ризонта и графическим путем отыскивать потерянные части полезного ископаемого.

Большое значение имеет трещиноватость пород. Часто вследствие тектоники и трещиноватости рудные тела и пласты распадаются на ряд блоков. На многих месторождениях отмечается тесная связь минерализации с трещиноватостью: повышенная трещиноватость связана с уменьшением устойчивости пород, она оказывает ослабляющее влияние на устойчивость уступов и бортов карьеров и т. д.

К сожалению, разведочными работами вскрывается не более 12% разрывных нарушений. Поэтому изучение трещиноватости способствует решению многих горно-геометрических и горных задач, связанных с интерпретацией разрывных нарушений, определением устойчивости выработок и проявлением минерализации.

Полное представление о трещиноватости исследуемого района можно получить, если параллельно изучать крупную разрывную тектонику и трещиноватость. К геометрическим их показателям относят ориентировку, масштаб, амплитуду и др. Чтобы определить систему трещиноватости, применяют точечные диаграммы или транспаранты. Для общей изученности трещиноватости необходима количественная оценка объектов на основе массовых замеров (до 20 замеров) для каждой системы — трех пересекающихся плоскостей [32].

Установить эмпирические зависимости трещиноватости по результатам разведочного бурения можно по формулам.

$$U = aB_{кb_1}^b, \quad \varepsilon = ae^{B_{кb_1}^b}$$

где  $U$  — интенсивность трещиноватости;

$\varepsilon$  — трещинная емкость;

$B_{к}^b$  — выход керна;

$e$  — 2,72;

$a$  — эмпирический коэффициент, для изверженных пород  $a=3000$ , для осадочных  $a=2500$ ;

$b$  и  $b_1$  — коэффициенты ( $b = -1$ ;  $b_1 = -0,04$ ).

Важным сравнительным показателем трещинова-

тости и физико-механических свойств пород является коэффициент трещиноватости (интенсивность и трещинная емкость). Если под линейной интенсивностью понимается суммарное количество трещин разных систем, определенных на расстоянии 1 м, то для характеристик их в трех взаимоперпендикулярных направлениях находят количество трещин в 1 м<sup>3</sup> породы.

Интенсивность трещиноватости зависит от места горных выработок и времени. Поэтому при изучении трещиноватости могут быть использованы смотровые приборы РВП-457, РВП-461, РВП-464 и др. (при глубине выработки до 2—16 м).

**Гипсометрические графики.** Рациональная разработка месторождений, правильное планирование их и учет запасов в недрах требуют от маркшейдеров и геологов составления графиков с изображением форм залегания: пласта, висячего или лежачего бока залежи, технологических поверхностей и т. д. При построении этих графиков прежде всего необходима маркшейдерско-геологическая основа. На лист бумаги и восковку в проекции, принятой на месторождении, наносят все данные геолого-маркшейдерской съемки (горные выработки, устья скважин, контуры отработанных участков, линии нарушений и т. д.), а также в условных знаках (в красках со слабыми оттенками) границы распространения вмещающих пород и абсолютные отметки рассматриваемого объекта исследования. Большое внимание должно быть уделено единству горизонтальных и высотных значений геодезической и маркшейдерской съемок.

Только на основании учета всего съемочного материала, детального изучения геологии месторождения, тектонических нарушений возможно правильное построение изолиний. С этой целью на графиках после изображения границ литологического состава пород и нанесения всех тектонических линий проводят изолинии. Вначале их проводят только в пределах отдельных структурных блоков и лишь после внимательного изучения объединяют в единую пространственную картину.

В маркшейдерских отделах шахт обычно имеются абсолютные отметки не точек висячего или лежачего

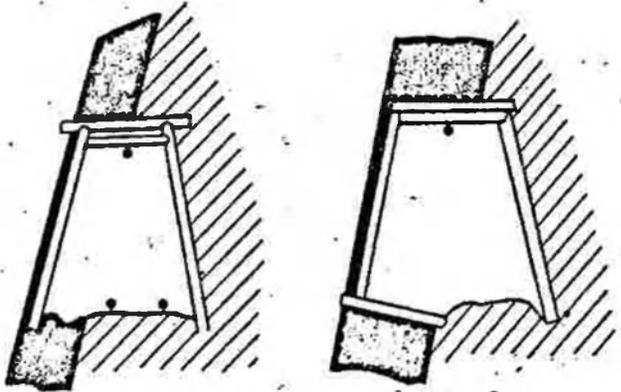


Рис. 3. Определение абсолютной отметки залежи

бока залежи, а отметки маркшейдерских точек. В этом случае от абсолютных отметок маркшейдерских точек следует графически переходить к отметкам рассматриваемой поверхности (рис. 3). С большой осторожностью нужно относиться к абсолютным отметкам по данным бурения.

Во избежание субъективных построений гипсометрических графиков вначале следует проводить инвариантные линии, увязывая их с общими геологическими представлениями о месторождении, и только после этого вычерчивать изолинии.

Графики изомощностей можно рассматривать как наглядное изображение залежи «осажденной» на выбранную плоскость проекции.

На горных предприятиях приходится встречаться с различными видами мощностей. При проектировании залежи на горизонтальную плоскость все значения мощностей перевычисляются в вертикальные; при проектировании на вертикальную плоскость — в горизонтальные и при проектировании на наклонную — в истинные мощности.

Во избежание значительных вычислений по пересчету всех мощностей в подготовительных и очистных выработках возможно предварительное определение средних групповых значений.

Иногда изомощности определяют путем графического вычитания двух изопографических поверхностей (кровли и почвы залежи).

Построение графиков мощностей производят в

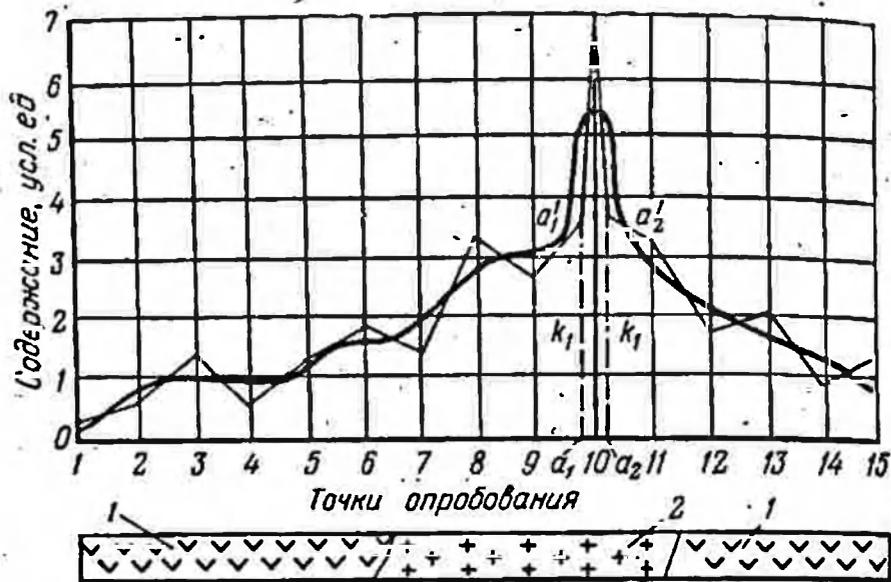


Рис. 4. Полигон распределения качественных показателей:  
1 — плагиограниты; 2 — альбитофиры

следующей последовательности: на планшетах наносят все горные и разведочные выработки; вычерчивают линии пересечения сместителей с залежью; с учетом принятой проекции вычисляют значения мощностей и наносят их на график; намечают инвариантные линии; вычисляют статистические средние; определяют величину сечения; проводят изомощности; выявляют закономерности приоткрытий, пережимов и делают прогнозирование.

Графики изоглубин, изомощности вскрыши и другие графики форм залегания строят аналогично рассмотренным выше.

#### § 6. НАЗНАЧЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ КАЧЕСТВЕННЫХ ГРАФИКОВ

Качественные графики, или графики среднего содержания полезных и вредных компонентов служат для характеристики физико-химических свойств залежи. По разведочным линиям или основным горным выработкам вначале строят полигоны распределения, которые сглаживают и увязывают с геологическими породами, после чего находят ступенчатые точки и отметки (рис. 4), которые переносят на геометрический график.

Если среди нормальных проб окажется исключительная, то ее необходимо учитывать, так как игнорирование высоких проб приводит к искажению качественных особенностей участков и снижению запасов [10]. Существует много различных способов учета исключительных проб. Однако удовлетворительного решения до настоящего времени не имеется.

Статистический анализ большого фактического материала [8] показал, что на месторождениях при общей кажущейся беспорядочности значений содержания существует закон статистического распределения, поэтому учет исключительных проб существенно влияет на конечные результаты. Например, доля металла на месторождениях золота с содержанием выше среднего значения составляет 70%, а количество проб этой группы равно лишь 17%. При учете исключительных проб необходимо решить следующие задачи: на какие группы делятся все пробы; как определить границы между группами проб; как учитывать пробы отдельных групп?

С учетом геологических особенностей месторож-

Таблица 2

Группа	Обозначение границ между группами	Формулы для определения границ между группами
Следы и знаки		На основании технологических исследований на месторождении
Нормальные пробы	$k_1$	$k_1 = \bar{x} + 3\sigma$ $k_2 = \left[ 1,70 + 1,106 \frac{V}{10} - 0,000926 \left( \frac{V}{10} \right)^3 \right] \bar{x}$
Исключительные пробы	$k_2$	
Ураганные пробы или самородки		

$k_1$  — граница между нормальными и исключительными пробами;  
 $k_2$  — граница между исключительными и ураганными пробами;  
 $\sigma$  — среднее квадратическое значение содержания компонента;  
 $V$  — коэффициент вариации;  
 $\bar{x}$  — среднее арифметическое значение содержания компонента.

дений, пространственного размещения металла, статистического закона распределения компонентов, технических особенностей добычи полезных ископаемых при геометризации месторождений рекомендуется: все пробы по их значениям делить на четыре группы — следы «сл» или знаки «зн», нормальные, исключительные, ураганные или самородки; при подсчете запасов и текущих подсчетах учитывать все пробы; значения каждой группы проб принимать в соответствии с вероятностью появления их в месторождении; границы между группами определять в соответствии с данными табл. 2.

Если принять все запасы металла в месторождении

$$P = \int_0^n y dx,$$

то запасы по группе нормальных проб

$$P_1 = \int_0^{k_1} y dx.$$

Запасы по группе исключительных проб

$$P_2 = \int_{k_1}^{k_2} y dx.$$

Запасы по ураганным пробам и самородкам

$$P_3 = \int_{k_2}^n y dx.$$

На основании математического ожидания можно определить эквивалентные запасы каждой группы и, учитывая хорошую представительность, можно найти вероятность появления их в генеральной совокупности.

Вероятность появления по пробам со значениями «сл» и «зн» равна

$$W_1 = \frac{n'}{n^n},$$

где  $n'$  — число проб со значениями в пределах промышленного контура;

$n''$  — число нормальных проб [36].

Доля запасов со значениями исключительных проб

$$W = \frac{P_2}{P_1 + P_2}.$$

При графических построениях значения нормальных проб распространяются по ближайшую окружность по закону прямой; значения исключительных — по закону кривой в соответствии с вероятностью их появления в данном месторождении; а значения ураганных проб и самородков не могут распространяться на площадь. Хотя эти пробы случайны, они все же появляются в меру своей вероятности, и поэтому должны учитываться, но с увеличением представительности [26].

При промышленной оценке участков и на графиках они заменяются значениями  $k_2$ , а в конечных ре-

Таблица 3

Классы $\lambda$ (усл. ед.)	$m$	$a$	$ma$	$ma^2$	Пропорциональные запасы*
0—10	54	-2	-108	216	270
10—20	20	-1	-20	20	300
20—30	9	0	0	0	225
30—40	6	+1	+6	6	210
40—50	3	+2	+6	12	135
50—60	2	+3	+6	18	110
60—70	2	+4	+8	32	130
70—80	1	+5	+5	25	75
80—90	1	+6	+6	36	85
90—100	1	+7	+7	49	95
100 — выше	2	+8	+16	128	220
Всего . . .	101	33	-68	542	

\* Пропорциональные запасы — вероятные запасы одного класса.

результатах подсчетов запасов, учитываются с поправочным коэффициентом

$$\Delta P = \frac{P_1 + P_2 + P_3}{P_1 + P_2}$$

Большое значение имеет пространственное размещение минерализации полезными компонентами по определенным направлениям («струй», «кусты» и т. д.). Выявление пространственных концентраций металла на геометрических графиках позволяет с успехом использовать их при прогнозировании качественных показателей.

Рассмотрим на конкретном примере учет исключительных проб (табл. 3).

На золоторудном месторождении № 12 имеем следующее распределение содержания\*:

$$\gamma_1 = \frac{\sum \alpha}{n} = \frac{-68}{101} = -0,68; \quad \gamma_2 = \frac{\sum \alpha^2}{n} = \frac{542}{101} = 5,4$$

$$\bar{x} = C + \lambda \gamma_1 = 25 - 6,8 = 18,2;$$

$$\sigma = \lambda \sqrt{\gamma_2 - \gamma_1^2} = 10 \sqrt{5,4 - 0,46} = 22,1$$

$$V = \frac{22,1}{18,2} 100 = 121;$$

$$m_V = \frac{V}{\sqrt{2n}} \sqrt{1 + 2 \left( \frac{V}{100} \right)^2} =$$

$$= \frac{120}{2 \cdot 101} \sqrt{1 + 2 \left( \frac{121}{100} \right)^2} = 14,4; \quad 3m_V = 43;$$

$$k_1 = \bar{x} + 3\sigma = 18,2 + 66,3 = 84,5 \approx 80;$$

$$W = \frac{P_2}{P_1 + P_2} = \frac{400}{1855} \approx \frac{1}{4};$$

$$k_2 = \left[ 1,70 + 1,106 \frac{V}{10} - 0,000926 \left( \frac{V}{10} \right)^3 \right] \bar{x} =$$

$$= [1,70 + 13,4 - 1,64] \cdot 18,2 = 245.$$

Чем выше природная геохимическая изменчивость объектов и чем меньше размеры проб, тем меньше вероятности получить на основе выборки достоверные данные по объекту исследования, а поэтому необходимо стремиться, чтобы выборка ( $n$ ) была возможно больше.

\* Все вычисления сделаны в условных единицах.

## § 7. ВСКРЫТИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Комплект геометрических графиков представляет концентрацию информации о месторождении, по которым можно наиболее просто и правильно планировать, проектировать и проводить горные работы.

С наибольшей точностью на графиках изображаются структурные и морфологические особенности, благодаря их меньшей изменчивости. Поэтому построение графиков начинается с изображения формы залегания залежей.

Статистический анализ позволяет находить закономерности между различными компонентами: зависимость минерализации от формы залегания, мощности, интенсивности трещиноватости и т. д. Поэтому он должен предшествовать построению качественных графиков.

Совместное рассмотрение всех графиков позволяет находить взаимосвязь минимумов и максимумов, выявлять направление гнезд оруденения, зависимость оруденения от литологического состава пород, трещиноватости и т. д.

## § 8. ГРАФИЧЕСКОЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЕ

При разведке и разработке нижележащих горизонтов месторождений возникают трудности, связанные с недостаточной их изученностью. Единичные глубокие скважины не дают достаточно точных данных, а сгущение сети разведочных скважин приводит к большим затратам средств и времени.

Планирование горных работ, экономические расчеты, связанные с их проведением, успешно можно осуществить только тогда, когда имеются достаточно обоснованные предположения по количественным и качественным показателям залежей нижележащих горизонтов.

Проведение горных выработок на большой глубине требует выявления закономерностей размещения полезных компонентов внутри залежи в отработанных участках месторождения и прогнозирования минерализации на глубину слаборазведанных горизон-

тов. При этом оценку нижних горизонтов можно проводить по редким точкам («проколам») залежей (точечный способ); по данным, полученным в пределах нижних горных выработок («линейные показатели»), и по значительному количеству данных в отработанных участках вышележащих горизонтов («площадный» способ).

При первом способе имеют место максимальные ошибки, так как «проколы» залежей скважинами являются совершенно случайными, число их всегда недостаточно, что дает только приближенное представление об отдельных участках месторождения. Доказано, что такое прогнозирование позволяет решать с необходимой достоверностью только задачи, связанные с формой залегания залежей.

Экстраполяция средних показателей опробования и замеров по второму способу хотя осуществляется с большей точностью, но без учета имеющихся закономерностей пространственного размещения качественных показателей. Средние значения, определенные в выработках на верхнем горизонте, можно распространять вниз строго по падению, что приводит иногда к значительным ошибкам в промышленных оценках этих участков, когда направление минерализации имеет склонение.

Для получения наиболее достоверных средних при планировании добычи полезных ископаемых нижних горизонтов необходимо учитывать все данные в отработанных участках («площадный» способ).

За последние годы было предложено много различных способов прогнозирования показателей на нижние горизонты [3, 5]. В. А. Букринский предлагает прогнозирование с помощью градиентов. Интенсивность закономерного убывания содержания оценивается средней величиной градиента, получаемого для каждого интервала по формуле

$$\bar{g} = \frac{\sum \frac{\Delta_i}{l_i}}{n}$$

где  $\Delta_i$  — разность между содержанием в соседних точках исследования;  
 $l_i$  — расстояние между этими точками;

$n$  — количество разностей в данном интервале содержащий.

Однако это не всегда возможно сделать, так как средние показатели качественных особенностей не являются унимодальными (существование единственного экстремума). На полученном участке, обычно даже после сглаживания индивидуальных данных опробования, имеется большое количество экстремумов, что затрудняет экстраполирование показателей на соседние участки по закону прямой [35].

С достаточно высокой точностью можно прогнозировать на один, два нижележащие эксплуатационные горизонта изоповерхности форм залегания. Геометризация качественных особенностей месторождения по методу изолиний позволяет получить достаточно точную пространственную модель размещения показателей в пределах горных работ и выявить закономерности их измерений.

При этом вырисовываются зоны наибольшей и наименьшей минерализации и их направления. Экстраполяцию границ этих зон на один, два нижних эксплуатационных горизонта осуществляют с достаточно высокой степенью точности по способу диаграмм изменения средних показателей с глубиной.

В пределах границ каждой зоны и по каждому горизонту (или подгоризонту) с помощью палетки проф. П. К. Соболевского по изолиниям легко находят средние значения изучаемых

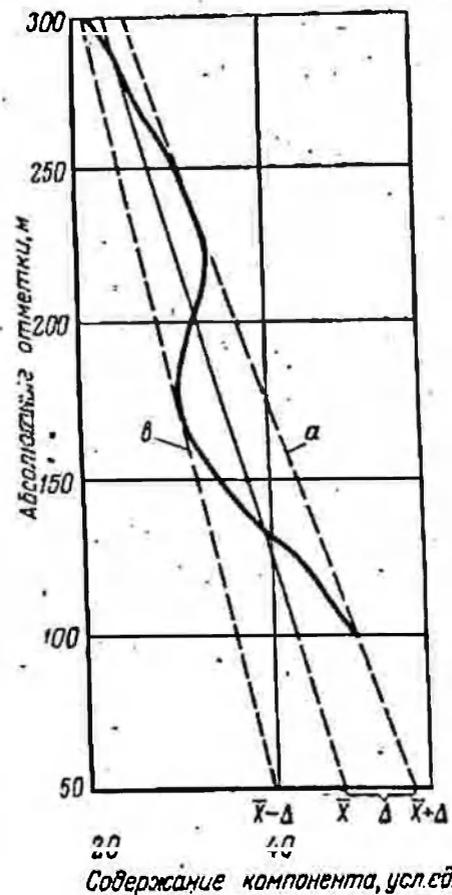


Рис. 5. Экстраполяция средних показателей месторождений и оценка степени точности прогноза с глубиной

мого показателя. Тогда - становится возможным построение кривых распределения показателей с глубиной (рис. 5).

Кривые изменений показателей с глубиной не имеют строгой унимодальности. Поэтому на графиках проводятся нижние и верхние границы ( $a$  и  $b$ ), которые прогнозируются на нижние горизонты, но не более чем на  $1/3$  интерполяционной части. Среднее их значение принимается как наиболее достоверное среднее нижнего горизонта в пределах исследуемой зоны. Аналогичным путем находят средние по другим зонам. Оценка степени точности  $\Delta$  определяется графически на том же графике.

## Глава II

# ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### § 9. ОСНОВНЫЕ ЗАДАЧИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ И УЧЕТ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Геолого-маркшейдерская документация должна давать ответы на вопросы о форме залегания угольных пластов, величине и расположении полезного ископаемого в недрах; характеризовать качественные особенности ископаемого; наиболее просто и точно, с наименьшими затратами труда определять запасы угля, снижать потери и разубоживание при добыче.

Для проектирования и разработки угольных месторождений особенно необходимы графики форм залегания. Для этой цели может быть применен прежде всего метод изолиний.

При изучении геологических особенностей месторождений необходимо обращать внимание на складчатость пород, тектонику, трещиноватость, форму залегания пластов и литологический состав пород.

Обработку большого фактического материала осуществляют на перфорационных машинах или с использованием ЭЦВМ.

При изучении горно-геологических характеристик необходимо обращать внимание на следующие показатели: степень разведанности месторождения, систему разведки, процент выхода керна, способ опробования, геологическое строение шахтного поля и гидрогеологические особенности; точность получения координат маркшейдерских и разведочных точек; усло-

вия залегания угольных пластов — глубину, мощность; характеристику качества углей и горнотехнические условия эксплуатации месторождения. Все это значительно влияет на качество геометрических графиков.

Например, низкий выход керна при бурении иногда приводит к пропускам пластов (до 25%) и большому количеству перебуров. Часто получаются большие расхождения между фактическими данными добычи и намечаемыми расчетами, из-за неточного определения объемного веса, влажности, химического и минералогического состава угля.

Бурение скважины не всегда дает точные показатели мощности угля, поэтому качество бурения контролируется с помощью каротажа. При плохой сходимости (менее 50%) мощность пласта полностью принимается по каротажу, данные которого широко используют при увязке геологических разрезов.

Надежный метод определения зольности углей в скважинах представляет актуальную проблему. Одним из методов может быть нейтронно-активационный каротаж (НАК). Кривые НАК позволяют определить границы разрезов и выделить угольные пласты. Однако установлено, что НАК менее чувствителен при наличии железа, кальция в золе, глинистой корки, микрокавернозности и др.

Существует два основных способа определения объемного веса угля в целике: способ пробной выруб-ки и аналитический способ. Первый из них достаточно точный, но крайне трудоемкий.

Характерной особенностью углей почти всех бассейнов является наличие корреляционной связи между удельным весом и зольностью, влажностью, содержанием серы и теплотой сгорания, которые определяются по формуле

$$\gamma_{ц} = \gamma_0 + k_1 A^c + k_2 S_{ос}, \quad (1)$$

где  $\gamma_{ц}$  — удельный вес в целике, кг/м<sup>3</sup>;

$\gamma_0$  — удельный вес чистого угля при естественной влажности, кг/м<sup>3</sup>;

$A^c$  — зольность угля, %;

$k_1$  — коэффициент по зольности на 1%;

$S_{0s}$  — содержание серы, %;

$k_2$  — коэффициент, характеризующий изменение содержания серы на 1%.

С. А. Бекетова на основании проделанной работы пришла к выводу, что удельный вес угля по пласто-во-промышленным пробам, взятым как средневзвешенное по мощности угля и прослойкам породы, дает значения, близкие к истинному значению удельного веса.

Между удельным весом и зольностью существует прямая устойчивая, прямолинейная связь; между удельным весом и теплотой сгорания — обратная устойчивая связь; между удельным весом и влажностью — прямая, слабая связь; между удельным весом и серой — слабая, близкая к прямолинейной, отрицательная связь.

Анализ парных корреляционных связей между удельным весом угля и такими его свойствами, как зольность, содержание серы и теплота сгорания, показал некоторые колебания между ними. Поэтому наиболее точным способом аналитического определения удельного веса угля является метод множественной корреляции с учетом всех указанных показателей.

Определив аналитическим путем удельный вес угля и используя данные пробных вырубков, переходят к определению объемного веса. Между объемным  $d$  и удельным  $\gamma$  весом угля существует тесная корреляционная связь:

$$\gamma = 1,015d + 0,024. \quad (2)$$

Так как коэффициенты в формулах (1), (2) для различных бассейнов несколько меняются, требуется для каждого бассейна проводить специальные исследования.

Одной из задач геометризации угольных месторождений является также выявление характера изменения литологического состава пород кровли (почвы) пластов, так как в некоторых бассейнах распространение труднообрушаемой кровли создает неблагоприятные условия для ее управления.

Графики литологического состава кровли пласта и изомощности (рис. 6) показывают, какие участки по-

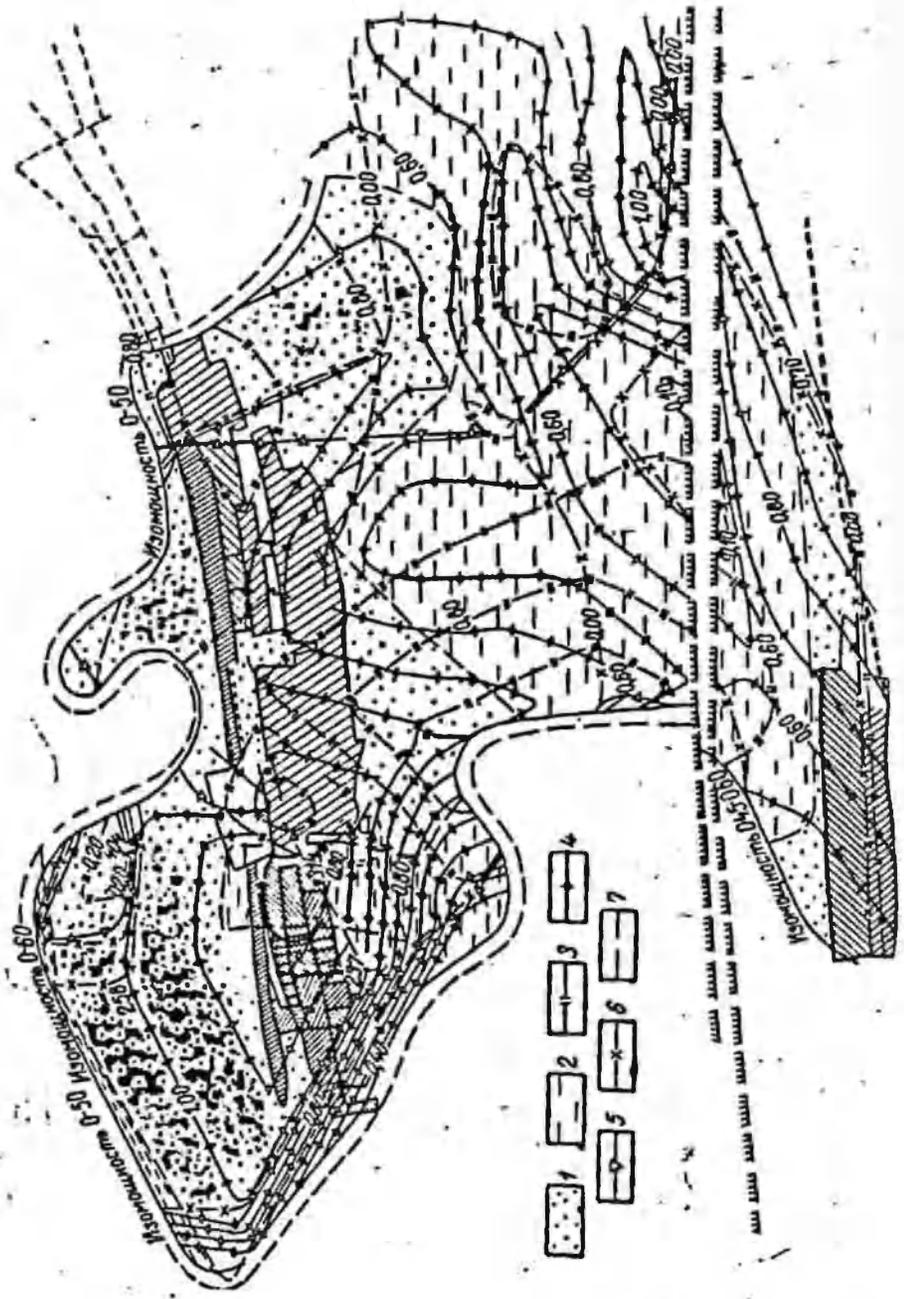


Рис. 6. График литологического состава кровли пласта:

- 1 — песчанник; 2 — алевролит; 3 — песчанк основной кровли; 4 — песчанк непосредственной кровли; 5 — аргиллит, основной кровли; 6 — аргиллит непосредственной кровли; 7 — границы контакта.

род лежат над пластом и их процентные соотношения.

По литологическому составу выделяют три основных группы кровель: труднообрушаемые (песчаники, глины), среднеобрушаемые (глины) и легкообрушаемые (песчанистые глины, местами пески).

Предварительное выявление возможных нарушений впереди-забоев выработок особенно целесообразно, когда пласты опасны по выбросам угля (породы) или газа, что случается в зонах нарушений.

Если через  $k_1$  обозначить суммарную протяженность нарушений в метрах, отнесенную к 1 га, а  $k_2$  — количество пересечений нарушений на длину выработок, то  $k_1$  и  $k_2$  находятся в корреляционной зависимости. Например, в Прокопьевско-Киселевском районе  $k_1 = 100 \div 200$  м/га; Караганде 50—100 м/га. Установление контура  $k_1$  позволяет учитывать количественные показатели нарушенности при планировании горных работ [15].

На каждой шахте и карьере приходится считаться с установленным для них стандартом зольности товарной продукции, так как изменение последней влияет на экономику предприятия.

Геометризацию угольных месторождений, разрабатываемых подземным способом, можно проводить по данным: только разведочных скважин; горных работ и скважин; только горных работ.

Геометризация угольных месторождений, разрабатываемых открытым способом, имеет некоторые особенности в методике построения.

## § 10. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПО ДАННЫМ РАЗВЕДОЧНЫХ СКВАЖИН

Инструкция по подсчету запасов угольных месторождений предписывает построение гипсометрических планов пластов этих месторождений.

Одним из важнейших показателей угольных горизонтов является коэффициент угленосности, который определяют по формуле

$$K = \frac{m}{M} 100, \%$$

где  $m$  — суммарная мощность пластов;  
 $M$  — мощность всей угленосной толщи.

Для определения закономерности распределения угленосности в месторождении и суждении о его изменениях, можно строить график изолиний коэффициента  $K$ . Для этого на план масштаба 1 : 10 000 наносят все скважины, проводят границу изолиний коэффициента  $K$  (через 10%).

Гипсометрические графики, построенные по данным скважин, из-за недостаточной разведанности дают только общую характеристику залегания пластов. Для уточнения графиков можно воспользоваться следующим приемом. Строят вначале гипсометрический график известного вышележащего пласта или маркирующего горизонта по достаточно большому количеству мелких скважин. Затем по данным редких глубоких скважин строят график изохор, т. е. равных расстояний между маркирующим горизонтом и изучаемым пластом. Графически вычитая из изоповерхности маркирующего горизонта изоповерхность изохор, получают гипсометрический план, характеризующий форму залегания рассматриваемого пласта. Этот способ основан на принципе соподчиненности пород и их схождения. Если маркирующий горизонт находится геофизическими методами, вначале строят график отражающей поверхности, затем график изохор и, наконец, гипсометрический план пласта. Для изучения пространственного размещения значений летучих и зольности проводят изолинии средних содержаний этих компонентов.

По геологическому строению все угольные месторождения подразделяются на пять основных типов (по ГКЗ). Рассмотрим три группы, резко отличные по геометрическим признакам. Месторождения первой группы с горизонтальным или очень пологим залеганием, платформенного или близкого к нему типа. К этой группе относятся месторождения с пластообразными и линзообразными угольными залежами, не дислоцированными, с нечетко выраженными элементами залегания, с простой или сложной гипсометрией. Разведку этих месторождений обычно производят по прямоугольной сети разведочных вы-

Месторождения второй группы приурочены к простым складчатым структурам. К этой группе относятся месторождения простого геологического строения с крупными, мало нарушенными складчатыми структурами, характеризующимися четкими элементами залегания угольных отложений. Разведку месторождений этой группы производят с расположением разведочных выработок по линиям, ориентированным вкрест простирания угольных пластов.

Месторождения третьей группы со сложными складчатыми структурами, сильно нарушенные. К этой группе относятся месторождения со сложным геометрическим строением, нарушенные, с блочной структурой, характеризующейся резкими изменениями элементов залегания угольной толщи. Разведку их производят также по линиям, но при значительном сгущении разведочных выработок на линиях у выходов пластов и сокращением расстояний между линиями.

В зависимости от горно-геологических факторов, методики и степени разведанности, конкретная методика геометризации по этим группам месторождения будет различной.

## § 11. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПЕРВОЙ ГРУППЫ

Незначительные изменения залегания пологих пластов нередко приводят к потере угля и создают затруднения в использовании шахтных механизмов, поэтому построение гипсометрических графиков пологих пластов является одной из важнейших задач маркшейдерско-геологической службы. При электровозной откатке прямолинейность штрека приобретает исключительно большое значение, так как увеличивает скорость движения транспорта, уменьшает аварии и затраты на ремонт. Однако сложная морфология залегания пластов не позволяет это делать.

Месторождения этой группы характеризуются следующими особенностями: залегание пластов горизонтальное, с углом падения до  $10^\circ$ ; мощность угольных пластов от 1,5 до 5 м; пласты склонны к выклинива-

нию, раздувам и рассланванию; породы разнообразные (пески, глины, рыхлые песчаники, глинистые сланцы); глубина залегания угольных пластов в большинстве незначительная; морфология угольных залежей сложная; буровая разведка проводится по прямоугольной сети; размер линз резко меняется; известняки иногда оказываются выдержанными и относятся к маркирующим при поисковых работах; глина, подстилающая угольные пласты, часто замещается песчаниками; наблюдается замещение глины песком в кровле угольных пластов; в зависимости от состава пород в кровле они разделяются на тяжелые, средние и легкие; эксплуатация осуществляется шахтами небольшой и средней производительности; уголь используется главным образом как энергетическое топливо.

Методику геометризации рассматриваемого месторождения изложим на примере месторождения № 10 (по П. И. Смирнову). Шахтное поле разведано сетью скважин со стороной 125 м. Выход керна угля в среднем равен до 90%, по породам кровли 70%, по породам почвы 80%. Скважины диаметром 65—76 мм бурят до горизонта известняков упинской толщи, с перебором на 2,0—2,5 м. Угольные пласты в пределах шахтного поля залегают в среднем на глубине 50—60 м. Мощность пластов колеблется от 1 до 4,6 м.

На проведение подготовительных выработок существенное влияние оказывает обводненность кровли и почвы. Для предотвращения прорыва пливунов при проведении подземных выработок необходимо оставлять защитную пачку угля. При очистной выемке ископаемого на участках со сложными гидрогеологическими условиями возможны частые прорывы подземных вод в выработанное пространство.

Горные работы сильно осложняются неравномерностью мощности, даже на незначительных площадях, что приводит к оставлению слоя угля или подрботке подстилающих пород. Для снижения потерь угля по графикам может быть выбрана такая система работ, которая даже при неравномерном рельефе кровли и почвы давала бы возможность полного извлечения угля.

В зависимости от особенностей месторождения

строят следующие графики: структурные геологические разрезы по разведочным линиям; гипсометрические графики залегания почвы и кровли каждого угольного пласта; изомощностей угля; изозольности; залегания подугольных и надугольных пластов пород. Все графики строят в проекции на горизонтальную плоскость в масштабе 1 : 5000. Выбор величины сечения принимают с учетом средних статистических показателей и принятых кондиций. Горизонтальный масштаб геологических разрезов берется равным принятому масштабу геометрических графиков, а вертикальный — в 10 раз крупнее.

Гипсометрические графики залегания почвы угольного пласта являются основными при геометризации рассматриваемых месторождений, так как позволяют: определить в любой точке глубину залегания почвы угольного пласта; строить разрезы по любому направлению; находить наиболее пониженные места месторождения для заложения общих шахтных колодцев, собирающих дренирующую воду; правильно выбирать направление горных выработок с учетом наименьшей подрывки породы при их проведении по заданному профилю.

Особое внимание уделяется участкам пластов с углами падения от 0 до 5°, так как наличие даже неглубоких впадин в середине лавы и их обводнение создает большие трудности при очистных работах. Графики необходимы при составлении технических и рабочих проектов. Большое значение они имеют в сочетании с планами литологических особенностей подугольных пород.

Гипсометрические графики залегания кровли угольного пласта строят для изображения рельефа кровли пласта.

Залегающие в покрывающей толще пески, обводненные за счет надугольного водоносного горизонта, требуют применения эффективных осушительных мероприятий зондировочными скважинами в кровле выработок и заложения их в наиболее пониженных участках кровли пласта.

Для правильного составления паспортов креплений лав и управления кровлей гипсометрический гра-

фик залегания кровли совмещается с литологическим планом надугольных пород.

На месторождении принята следующая классификация кровли: тяжелая, представленная плотной или пластичной глиной, мощностью не менее 4 м при расстоянии от кровли пласта до известняков менее 7 м; средняя, представленная залежами глины, мощностью от 1 до 3 м, выше которых до границы непосредственной кровли залегают пески с маломощными прослойками других пород, при расстоянии от кровли пласта до известняков более 7 м; легкая, представленная залежами глины, мощностью до 1 м с последующим залеганием в пределах толщи непосредственной кровли легко обрушающихся песков, при расстоянии от кровли пласта до известняков не менее 15 м.

Выделение этих типов кровли на геометрических графиках позволяет наиболее правильно учитывать величину давления на крепь, устойчивость пород и допустимое обнажение кровли: для тяжелой — до  $5 \text{ м}^2$ , средней — до  $2\text{--}3 \text{ м}^2$ , легкой — до  $1,5 \text{ м}^2$ .

Пласты в условиях бассейна разрабатывают с оставлением защитной пачки угля в кровле, предохраняющей уголь при добыче от загрязнения, а также защищающей очистной забой от возможных прорывов песка и плавунгов. При сыпучих породах толщина защитной пачки составляет  $20\text{--}25 \text{ см}$ , при устойчивых  $10\text{--}12 \text{ см}$ . Правильное установление размера защитных пачек по геометрическим графикам снижает эксплуатационные потери.

Графики изомощностей составляют по значениям геологических вертикальных мощностей. Они позволяют определить производительность отдельных участков пласта (среднее количество угля с 1 м очистного фронта лавы); установить границы угольного пласта мощностью более  $3,5 \text{ м}$ , разработку которых будут производить вариантами спаренных или сдвоенных лав; установить границы шахтного поля по мощности; определить оптимальные габариты и количество крепежных стоек; контролировать правильное ведение очистных работ.

Графики изозольности строят по данным керновых проб угля из буровых скважин и данных из

горных выработок. Вначале проводят статистический анализ исходных данных, находят все-средние показатели, необходимые для геометрических построений. Затем вычерчивают изолинии. По ним определяют границы угля, отвечающие требованиям кондиции, участки с лучшими и худшими качествами. Так как основными потребителями угля на месторождении являются электростанции и предприятия с паровыми установками, можно, пользуясь графиком зольности, выделить участки товарного топлива, необходимого этим потребителям.

Учитывая достаточно устойчивую корреляционную зависимость между зольностью  $A$  и теплотой сгорания  $Q$  ( $r = -0,9$ ;  $m_r = 0,007$ ), по графику зольности в любой точке можно найти значение теплоты сгорания, а также легко выделить группы углей малозольных, среднезольных и высокозольных.

При планировании горных выработок, требующих оставления предохранительных целиков, они намечаются по участкам с наибольшей зольностью.

При геометризации пологопадающих осадочных месторождений с прерывистым залеганием многих слоев можно применять циклографические проекции.

## § 12. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ВТОРОЙ ГРУППЫ

Месторождения этой группы характеризуются следующими особенностями: количество угольных пластов велико; угольные пласты способны расщепляться на отдельные пачки и выклиниваться; угленосные отложения сложены в складки; залегание угольных пластов осложнено в большинстве случаев мелкой волнистостью и дизъюнктивными нарушениями; породы, вмещающие угольные пласты, отличаются частой сменой слоев, быстрой изменчивостью литологического состава, постепенным переходом от глинистых разновидностей к песчаникам и обратно. Вследствие этого выделить среди пород маркирующие горизонты удается только в редких случаях.

При разведке месторождения буровыми скважинами проследить за пространственным положением отдельных угольных и породных прослоек очень труд-

но из-за непрерывных фацциальных замещений и в достаточного выхода керна. Выход керна в среднем равен 72%. Пласты представлены двумя разновидностями — углями кондиционной зольности и углями с повышенной зольностью.

Пласты выходят под наносы на глубину 20—40 м. Это определило густоту разведочной сети между скважинами, которая принята равной 75—200 м, а между разведочными линиями до 500 м, со сгущением их в краевых частях залежи до 125—250 м. Разведку месторождения осуществляют последовательно сначала мелкими скважинами глубиной 50 м, затем скважинами механического бурения.

Особенности месторождения и способ разведки обуславливают и методику геометризации. Геометрические построения производят в следующей последовательности: делают топографическую съемку в масштабе 1:2000; составляют лист разведки и разрезы, строят график сместителей, гипсометрические графики по каждому пласту в отдельности и вычисляют статистические средние значения показателей.

Топографический план должен удовлетворять всем требованиям инструкции по крупномасштабной топографической съемке.

Листы разведки составляют в следующем порядке: с топографического плана на бумагу переносят все устья разведочных выработок, опорные пункты маркшейдерско-геодезической сети и основные контуры участка земной поверхности. Затем наносят устья скважин, отсутствующие на топографическом плане, но имеющие координаты, полученные в результате инструментальных съемок. Потом наносят устья скважин, зафиксированные только на старых планах, не имеющие координат. Наконец, особыми условными знаками показывают разведочные выработки, имеющие только общие описания. У каждого устья скважины подписывают их номера и все основные их показатели, необходимые для геометризации.

График сместителей. Характерной особенностью месторождения является наличие густой сети дизъюнктивных нарушений, которые рассекают шахтные поля на отдельные участки — блоки.

После составления каталога сместителей точки замера крупных нарушений наносят на точечную диаграмму, по плотности точек выделяют отдельные группы нарушений и строят график сместителей в изолиниях.

Для учета геологических признаков инж. А. Т. Упир дал определенные цвета и условные обозначения геологических признаков; трещинам, заполненным рассланцованными чешуйками аргиллитов с кусками угля и имеющим обильный приток воды; мощным трещинам, в зоне которых часто встречаются слабо окрашенные обломки сидеритов и угля; трещинам сухим, с незначительной мощностью и имеющим следы волочения; трещинам незначительной мощности, заполненным перематым аргиллитом, без выделения воды и т. д.

Внимательное изучение всех указанных геологических и геометрических признаков позволяет наиболее успешно строить в изолиниях график сместителей.

Построение гипсометрических графиков висячего или лежащего бока пластов. Каждая скважина иногда имеет значительное количество подсечений угля. При резкой фациальной изменчивости пластов и пород, расщеплении их, увязка угольных пластов оказывается затруднительной. Поэтому построение гипсометрических графиков производят параллельно с построением разрезов.

Вначале строят гипсометрические графики по пластам, имеющим наибольшее количество горных выработок и данным в отработанных участках. Затем производят пространственную увязку всех пластов по графикам и разрезам. На все разрезы наносят следы вышележащего пласта. Затем учитывая соподчиненность их, стратиграфическую колонку и угольные подсечения по скважинам, наносят (в карандаше) линии последующего нижележащего пласта. Эти графические гипотезы с разрезов переносят на план и в изолиниях изображают гипсометрию второго пласта (в карандаше). Полученную изоповерхность уточняют данными разведочных выработок, находящихся вне разведочных линий. Такую корректировку производят и на разрезах. Все последующие графические

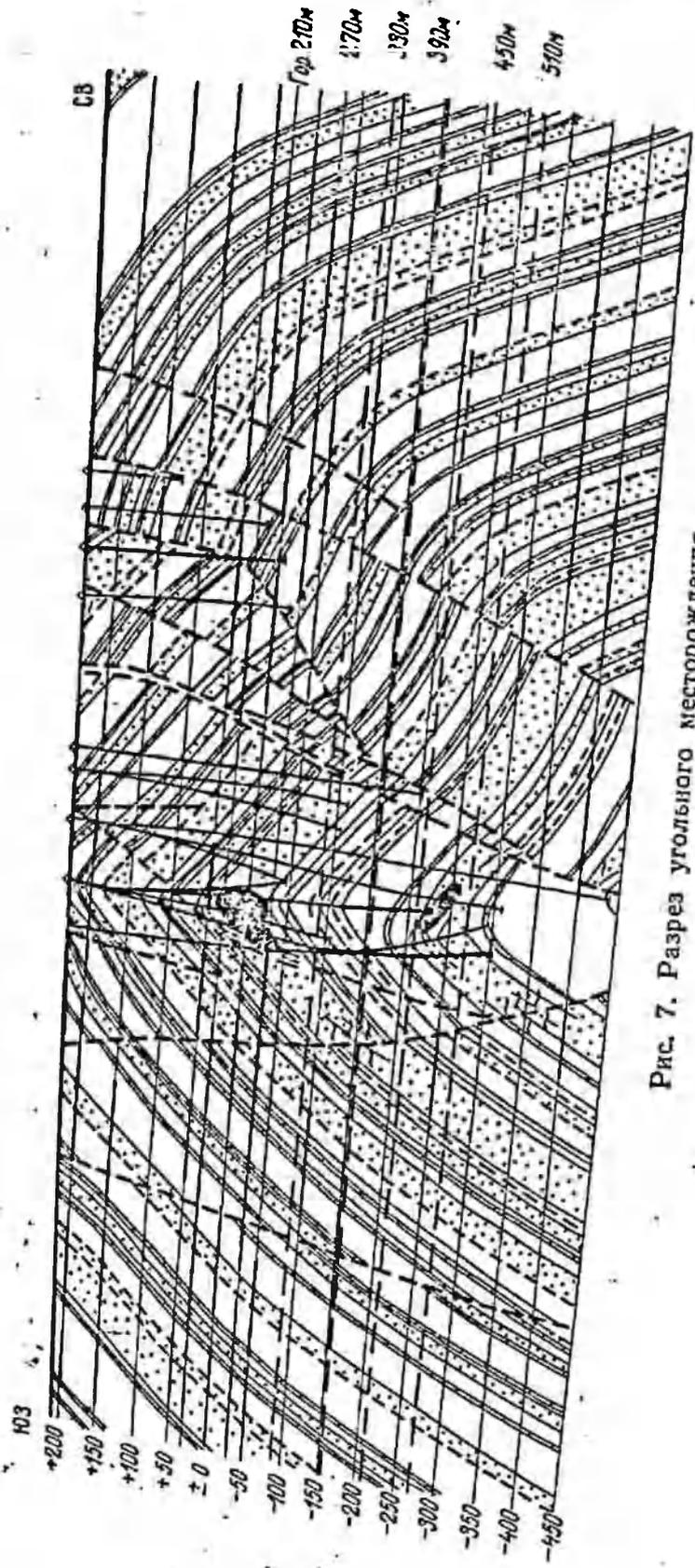


Рис. 7. Разрез угольного месторождения

построения для последующих нижележащих пластов производят аналогично.

При построении гипсометрических графиков очень сложных по строению участков особое внимание уделяется осям складок, которые иногда приурочиваются к рудным зонам (рис. 7).

В угольных пластах месторождений параллельного типа необходим статистический анализ распространения германия. Содержание его иногда зависит от формы залегания пластов, закономерно увеличиваясь у почвы пласта. Отмечается обратная связь между содержанием германия и зольностью ( $r=0,6$ ). Статистический анализ позволяет устанавливать также связь германоносности со строением угольных пластов, петрографическим составом углей, литологическим составом пород почвы и кровли.

### § 13. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТРЕТЬЕЙ ГРУППЫ

Месторождения этой группы характеризуются сложными складчатыми структурами, сильно нарушенными тектоническими явлениями. Например, по месторождению «А» в настоящее время насчитывается более 1200 различных нарушений. Отмечается непостоянство мощности и значительные колебания зольности. Все эти условия требуют геометризации этих месторождений.

Значение анализа разрывных нарушений трудно переоценить, так как полнота тектонической изученности шахтного поля определяет экономическую эффективность всех этапов его освоения, начиная от проектирования, строительства и кончая обработкой участков, особенно с переходом горных работ на более глубокие горизонты и увеличением механизации. Закономерное увеличение свободного метана в угле объясняется миграцией газов через трещины. Учитывая фациальную изменчивость и невыдержанность угольных пластов при мелко-блоковой структуре шахтных полей, доразведка глубоких горизонтов ниже существующих горных работ только по данным буровых скважин оказывается затруднительной. Поэто-

му доразведка этих горизонтов может быть более успешно осуществлена на основе данных горных работ, скважин подземного бурения и структурных разведочных выработок.

Геометрический и морфологический анализы разрывных нарушений, а также мелкой тектоники позволяют определить характер деформации пород.

А. С. Довба [14] отмечает, что при значительной геологической нарушенности, неустойчивости кровли и почвы возможность механизации зарубки, навалки и других процессов добычи угля на этих месторождениях очень ограничены. Поэтому механизированы лишь транспортировка угля и бурение шпуров. Потери угля достигают 25÷30%, иногда и более.

После детального изучения всех данных о месторождении строят графики сместителей, гипсометрические (висячего и лежачего бока), изомощностей, зольности и определяют взаимосвязи между качественными показателями.

Графики сместителей. Для построения этих графиков используют большое количество наблюдений за смещениями. После обработки их, как указано выше, всю информацию о нарушениях представляют в наглядной форме по методу изолиний.

Амплитуда нарушений варьирует в значительных пределах от 20 до 250 м (крупные) и от 0,5 до 10 м (мелкие). Вначале в изолиниях изображают крупные нарушения, а затем мелкие. На основании этих построений на месторождениях выявлена следующая закономерность: сбросы с пологим углом падения имеют амплитуду 3—5 м, а более крутые — значительно большую. Максимальная амплитуда сбросов связана с глинистыми примазками и прямолинейными трещинами. Вся площадь пластов разбита на значительное количество блоков, различной площади, формы и величины смещений по вертикали и в плане.

Графики лежачего и висячего боков пластов. Пласты угля имеют волнистое залегание (с углом падения 0—30°, с преобладанием 3—10°) и неодинаковое площадное распространение, что отрицательно влияет на эксплуатацию месторождения, так как затрудняется транспортировка угля, ослож-

няются водоотлив, вскрытие, подготовка и проведение очистных выработок. Литологический состав и механические свойства пород кровли и почвы непостоянны.

Пласты угля имеют ясно выраженный кливаж СВ—ЮЗ простирания, приближающийся к меридиональному, угол наклона составляет 75—85°. «Корженне» наблюдается при обнажении 75—160 м<sup>2</sup> площади. Полное обрушение наблюдается при обнажении 150—200 м<sup>2</sup> площади. Почва представлена глинами и углистыми сланцами, склонными к интенсивному пучению. В зависимости от литологического состава и интенсивности пучения приняты следующие группы литологического состава: 1 — кварцевые пески средней зернистости; 2 — глины светло-серые; 3 — уголь плотный; 4 — пески мелкозернистые, глинистые; 5 — уголь слоистый; 6 — глина коричневая; 7 — углистые сланцы. В породах 1-ой и 2-ой групп пучения не отмечается, в породах 3-й группы оно незначительное, и с 4-ой до 7-ой включительно наблюдается интенсивное его проявление.

Построение гипсометрических графиков следующее: отдельно для каждого угольного пласта на лист бумаги наносят все горные и геологоразведочные выработки и линии скрещивания рассматриваемого блока пласта со сместителем; в пределах каждого структурного блока красками, условными знаками изображают особенности литологического состава пород кровли и затем проводят изогипсы. Эти графики позволяют строить прогнозы на один-два смежных нижежащих горизонта и наиболее правильно определить площади обнажений.

Графики изомощностей. Пласты угля месторождения не выдержаны по мощности. По месторождению встречаются вздутые пласты (10—12 м), при нормальной мощности около 2 м. Местами пласты расщепляются на отдельные обособленные пачки, выклиниваются и имеют сложное залегание. Суммарная мощность некоторых участков достигает 30—35 м. Построение графика изомощностей позволяет выявлять основные изменения в мощностях и учитывать их при эксплуатационных работах; определять участки с многослойной отработкой и т. д.

Графики зольности. По качеству угольные месторождения подразделяют на технические группы с зольностью 3—10%; 11—24%; 25—35%; 36—45%; 45—50%. С учетом этих групп изолинии зольности можно проводить или на общих основаниях через 5%, или с учетом технических границ указанных групп. Графики дают возможность решать задачи стандарта зольности и вопросы экономических расчетов с потребителями.

По совокупности всех указанных графиков делаются многие практические выводы и заключения. Например, по нарушенности и изменчивости показателей месторождения делятся на три группы: пласты без геологических нарушений мощностью от 1,0—3,5 м, размером участков по восстанию 50—60 м и простиранием не менее 100—150 м, которые можно разрабатывать системой длинных столбов по простиранию; пласты мощностью свыше 3,5 м. без геологических нарушений с теми же размерами, которые можно разрабатывать наклонными столбами; пласты различной мощности с геологическими нарушениями, которые можно разрабатывать камерно-столбовой системой.

Основным фактором, определяющим размеры выемочных участков, является их рациональный срок службы, который определяется стоимостью проходки и поддержания выработок. Исключительно большое значение при этом имеют размеры структурных блоков и учет литологического состава пород кровли (почвы) пласта. Большое влияние на выбор основных механизмов для выемки угля в лавах оказывает также мощность пластов.

Статистический анализ позволил выявить закономерности между показателями: зольностью и объемным весом; плотностью трещиноватости и содержанием метана; глубиной разработки и увеличением метана; значениями теплоты сгорания и зольностью и т. д.

На основании изложенного следует, что геометрические графики значительно облегчают проведение горных работ в этих сложных месторождениях.

#### § 14. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ УГОЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, РАЗРАБАТЫВАЕМЫХ ОТКРЫТЫМ СПОСОБОМ

Разработка угольных месторождений открытым способом приобретает все больший размах благодаря высокой производительности труда, низкой себестоимости тонны добытого угля, более безопасным и лучшим условиям ведения горных работ по сравнению с подземным способом угледобычи.

Например, рассмотрим буроугольное месторождение М, разведанное по диагональной и квадратной сетке  $200 \times 200$  м.

Месторождение имеет сложную гипсометрию. Данные исследования грунтов позволяют сделать вывод, что инженерно-геологические условия месторождения вполне удовлетворительны для эксплуатации бурых углей открытым способом с применением при этом тяжелых механизмов, хотя геологическими и геофизическими исследованиями установлена закарстованность некоторых участков. Наибольшая закарстованность обычно приурочена к долинам рек и тектоническим зонам. Карстовые полости чаще всего вскрываются скважинами до глубины 75—80 м. Развитие подземного карста приводит к нарушениям производственных работ.

Бурые угли залегают в виде мощного пласта сложного строения. Гипсометрия почвы пласта, общая мощность и контур распространения угля зависят от морфологии каолинового ложа. Наиболее низкие отметки почвы угольного пласта приурочены к центральной части.

К основным особенностям углей можно отнести землистую структуру и высокую гигроскопичность. Следствием этого является исключительно высокая влажность углей.

Подугольные водоносные горизонты содержат напорные воды, следовательно, возможны прорывы плывунов. Надугольные водоносные горизонты имеют незначительный напор. Однако пески третичной толщи весьма неоднородны по механическому составу и различны по водопроницаемости.

Направление, количество и общая протяженность дренажных штреков зависят от литологического со-

става пород и тектоники; гипсометрии почвы и кровли пласта; характера водоносного горизонта и несомной величины понижения уровня.

Исходя из перечисленных условий принят следующий порядок геометризации: составляют геологические разрезы; строят гипсометрические графики почвы пласта; вычерчивают рельеф кровли подугольного водоносного горизонта; строят гипсометрические графики кровли пласта, графики поверхности водоупора надугольного водоносного горизонта, графики изомощностей пласта; графики изокэффициентов вскрыши и изозольности; составляют качественные разрезы.

Исходными данными для составления этих графиков служат следующие материалы: топографический план района месторождения; данные разведочного бурения; абсолютные отметки кровли и почвы пласта; абсолютные отметки водоупора и кровли надугольного горизонта; распределение мощности, зольности по скважинам и стратиграфические колонки.

Геологические разрезы. По каждой разведочной линии строят литологический разрез масштаба 1 : 5000 и 1 : 500 — растительного слоя, суглинков и глины, песка глинистого, мелкозернистого, песчаного и углистого; глины песчаных, плотных и углистых; бурого угля, каолина и гранита; водоупорного надугольного и подугольного водоносного горизонтов. В изолиниях на этих же разрезах показывают качественные показатели. Например, уголь с зольностью до 30%, 30—40% и 40—50%, 50% и более.

На стратиграфических колонках масштаба 1 : 200 показывают возрастные показатели, мощность пластов и пород и среднюю глубину залегания.

Угольные пласты большинства месторождений по своему строению очень сложны и обычно представляют собой свиту угольных пачек, перемежающихся с прослойками породы, что затрудняет их документацию. Поэтому желательна во всех возможных случаях фотодокументация. Фотография позволяет производить документацию с большей объективностью и точностью отображения заснятых объектов, что имеет большое практическое значение. Особенно хорошо проявляется спектро-зональная фотография [2].

Топографический план поверхности карьера составляют в соответствии с требованиями инструкции о крупномасштабной съемке. Однако в результате проведения текущих вскрышных и очистных горных работ, образования породных отвалов, возникновения оползней, новой застройки планы поверхности карьеров довольно быстро стареют и повторные съемки их становятся затруднительными. Поэтому на угольных месторождениях все больше начинают применять крупномасштабную аэрофото- и надземную съемку.

Графики гипсометрии почвы пласта и рельефа кровли подугольного водоносного горизонта. По совокупности эти графики выявляют ряд геометрических закономерностей. Например, подугольный водоносный горизонт месторождения копирует гипсометрию почвы пласта. Учитывая, что в пониженных частях подугольного водонапорного горизонта отмечается значительный напор воды, при проектировании осушительных работ подземным способом главный водоотливный штрек намечается с учетом морфологии пласта, а закладка дренажных шахт приурочивается к пониженным участкам.

На некоторых карьерах используют большое количество водопонижающих скважин, в результате чего ежегодная откачка воды достигает значительных объемов (до 20 млн. м<sup>3</sup>). Целесообразность применения водопонижающих скважин зависит от многих причин — морфологии, тектоники, степени трещиноватости, наличия карстов и интенсивности отдачи воды. Все эти задачи могут быть решены по графикам изолиний почвы угольных пластов и рельефа кровли подугольного водоносного горизонта.

Графики рельефа водоупора надугольного горизонта и графики гипсометрии кровли пласта предназначены для характеристики надугольного водоносного горизонта и используются при проектировании осушительных работ. Их необходимо рассматривать совместно с графиками гипсометрии пласта.

Из геометрического анализа можно сделать вывод, что под участками с низкими отметками водоупора надугольного горизонта должны проводиться

дренажные штреки и максимальное число фильтров.  
Графики изомощностей пласта. Чтобы построить эти графики на плане у устьев всех скважин, указывают вертикальные мощности пласта. Показывают контур  $m=0,9$  м, районы смыва пласта и изолинии мощности. Можно выделить изолиниями (различного цвета) отдельные пачки пластов.

В рассматриваемом месторождении угольный пласт оказался разделенным на три основные пачки: нижнюю, которая является наиболее выдержанной по мощности и площади распространения; в кровле пласта угля залегают в основном углистые глины и пески, а в почве углистые и серые пески, реже встречаются каолины и глины; среднюю, которая залегают на глинах и песках, и иногда при их выклинивании соединяется с нижней угольной пачкой, представлена она однородным углем, хотя в краевых частях постепенно замещена углистыми глинами; верхнюю, залегающую в углистых глинах и участках размыва песков.

Таким образом, графики позволяют выявить все изменения в угольных пачках.

Графики изомощностей вскрыши служат для определения ее объема при проектировании горного предприятия, так как в соответствии с объемом вскрыши производят выбор и количество необходимого горно-транспортного оборудования и механизмов. По графику изомощностей определяют внешний контур и вычисляют объем вскрыши.

Графики изокоэффициентов вскрыши. По этим графикам определяют технические границы отработки открытым способом и выбирают рациональное подвигание фронта работ.

После нанесения устьев скважин на план подписывают у каждой из них значения коэффициентов вскрыши, определенные по формуле

$$K = \frac{C_{\text{п}} - C_{\text{о}}}{C_{\text{в}}},$$

где  $C_{\text{п}}$  — стоимость 1 т угля, добываемого подземным способом;

$C_{\text{о}}$  — стоимость 1 т угля, добываемого открытым способом;

$C_v$  — стоимость 1 м<sup>3</sup> вскрыши.

Затем проводят контуры рабочей мощности, технической границы и линии сместителей. С учетом этих контуров проводят изокоэффициенты вскрыши через показатель  $K$ , обычно равный 5.

График зольности. Так как объемный вес угля меняется в значительных пределах, главным образом в зависимости от зольности, необходимо учитывать изменения и выявлять имеющуюся закономерность. Для этого вначале строят графики зольности, не учитывая колебания ее от линзообразных включений. Затем находят корреляционную взаимосвязь.

Например, в результате статистического анализа на рассматриваемом месторождении отмечается прямолинейная зависимость между зольностью и объемным весом с силой связи  $r$ , равной 0,94.

На основании рассмотрения всех указанных графиков возможно построение погоризонтных структурных планов и погоризонтных графиков качественных особенностей месторождения.

Хорошим пособием к проектированию и планированию горных работ на карьерах являются модели. Например, рассмотрим модель карьера  $K$  со сложными геологическими и горнотехническими условиями, при которых обычные планы и разрезы не дают возможности судить о взаимном расположении в пространстве особенностей обрабатываемых участков месторождения.

Материалом для изготовления модели служили листы органического стекла размером 1,1 × 1,3 м, толщиной 5 мм, в соответствии с принятым на месторождении масштабом маркшейдерских планов (1 : 2500) и высотой эксплуатационных горизонтов.

В собранном виде модель представляет собой стопу из 24 листов органического стекла. Для всех горизонтов на листах сделаны вырезы по контуру вскрышных и очистных работ. На каждом листе наносили линии пересечения лежачего и висячего боков рабочих пластов с плоскостью горизонтов; пересечения тектонических нарушений; пересечения дренажных выработок; технические границы горных работ;

контуры земной поверхности; железнодорожные пути, технические постройки и другие сооружения.

Наибольшая иллюзия пространственных соотношений будет при расстоянии между листами 10 мм и в крайнем случае 20 мм. Для подсвечивания модели ее располагают на столе-подставке с электроосвещением снизу.

После завершения графических работ листы совмещают по контрольным точкам и скрепляют при помощи болтов. В собранном виде модель даст пространственное изображение формы залегания пластов угля, сместителей, представление о состоянии горных работ, помогает наиболее правильно использовать горное оборудование, что позволяет на технических совещаниях оперативно и успешно решать многие горнотехнические задачи.

Моделирование открытых разработок возможно и по вертикальным разрезам, для чего на листах, приуроченных к разведочным линиям, в условных знаках показывают все-контурные, геологические и горнотехнические детали. Недостатком их является невозможность изображения качественных особенностей углей.

### Глава III

## ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

### § 15. ПРОМЫШЛЕННЫЕ ТИПЫ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

По условиям образования, морфологии и вещественному составу рудных тел медные месторождения, согласно инструкции по подсчету запасов [20], разделяются на следующие промышленные типы: пластовые месторождения; месторождения штокверковых прожилков вкрапленных руд; линзообразные залежи; жильные тела, рудные зоны и рудные тела неправильной формы, связанные со складками. Технологические свойства медных руд зависят от минералогического состава и их физических свойств. Это обуславливает выделение большого числа сортов руд — окисленных, смешанных, сульфидных, медных, медноцинковых и др.

При исследованиях типов медноколчеданных месторождений большое внимание должно быть уделено морфологии рудных тел, вмещающим породам и выявлению рудных тел. Важной задачей является выявление формы рудных тел. На некоторых медноколчеданных месторождениях сложность конфигурации контуров связана с тем, что границы вкрапленных руд по мощности определяются условной поверхностью с бортовым содержанием основного полезного компонента. При комплексных рудах кондиция устанавливается по минимальному содержанию основного компонента с учетом переводных коэффициентов по вспомогательным, так как состав руд с полиметаллами выдерживается в определенных соотношениях.

## § 16. ОБЩАЯ СХЕМА ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕДНОКОЛЧЕДАНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Геометризацию медноколчеданных месторождений проводят по следующей примерной схеме: изучают имеющуюся литературу по медноколчеданным месторождениям; накапливают исходную информацию разведки и эксплуатации месторождения; осуществляют геометрическую и математическую обработку исходной информации; изучают технологию добычи, обогащения и технологических свойств руды; выбирают метод геометризации; строят графики формы залегания рудных тел, качественных свойств полезных и вредных компонентов; по результатам геометризации выявляют закономерности в залегании форм месторождения и распределения полезных и вредных компонентов.

Геометризация начинается с наиболее изученных и выработанных участков, математической обработкой данных опробования и другой информации, что позволяет своевременно систематизировать эту информацию и получить числовые характеристики показателей, отражающих особенности месторождения. Например, при статистическом анализе на некоторых месторождениях обнаруживается более высокое (до 10%) содержание меди в рудах, определенное по данным забойного опробования, чем содержание, определенное при обогащении. Поэтому целесообразно средние определять по логнормальному закону или по формулам среднего геометрического значения.

М. М. Долгаль и др. отмечают, что на медных месторождениях имеются значительные расхождения между запасами, подсчитанными по разведке, и фактическими. При разведке с плотностью 40—50 и 50—100 м запасы занижались в 2 раза.

На некоторых месторождениях отмечается обратная корреляционная зависимость между интенсивностью трещиноватости и расстояниями между рудными телами.

Детальное изучение технологии добычи и обогащения полезного ископаемого, а также требований к сырью по содержанию полезных и вредных компонентов позволяет более правильно определять необходи-

мый комплект горно-геометрических графиков и числовых характеристик.

Выбор рационального способа геометризации для данного типа месторождений зависит прежде всего от особенностей месторождения, степени разведанности и системы разработки.

Практика показала, что для целей проектирования и ведения горных работ на этих месторождениях недостаточно иметь графики в виде горизонтальных сечений и вертикальных разрезов. Количественные и качественные особенности лучше изображать методом изолиний. Прежде чем строить горно-геометрические графики в изолиниях, следует убедиться, возможно ли отразить изменение данного показателя этим способом. Чтобы ответить на поставленные вопросы, необходимо определять значения коэффициента корреляции или корреляционного отношения между смежными значениями показателя (по простиранию и вкрест простирания) по разведочным линиям или по опробованию в штреках и восстающих выработках. Полученное значение квадрата коэффициента корреляции указывает долю закономерного изменения показателя. При слабой зависимости и достаточно густой сети опробования по эксплуатационным выработкам следует применить осреднение показателя по площади.

Долю закономерного и случайного изменения показателя можно определить путем построения профилей по отметкам показателя в направлении простирания и падения рудной залежи, а также путем анализа корреляционной зависимости между разностями показателя в смежных точках и расстояниями между ними. По абсолютному значению коэффициента корреляции можно судить о доле закономерного изменения показателя.

Если одним из указанных способов установлено, что по имеющимся данным нет закономерности в изменении показателя, т. е. коллектив имеет статистический характер, то метод изолиний не применим.

Способы вертикальных геологических разрезов или горизонтальных сечений применимы, когда все исходные данные сосредоточены в этих плоскостях или слоях и являются наиболее рациональными, ког-

да рудное тело имеет очень сложную форму залегания. Способу горизонтальных сечений предпочтение отдается если залежь более выдержана по падению.

При выборе способа эксплуатационной геометризациии необходимо считаться и с системой разработки месторождения. Выбирается такой способ, который позволяет не только изображать всю изученность месторождения и выявить имеющиеся закономерности, но и обеспечивает решение многих горнотехнических задач (планирование объема добычи, подсчета и учета запасов, потерь, усреднения руд и т. д.). Так, например, при открытом способе разработки должны по возможности составляться поуступные горно-геометрические графики.

Выбранный способ геометризации, комплект горно-геометрических графиков, результаты геометризации формы и качественных свойств должны максимально способствовать более правильной, экономичной и безопасной отработке месторождения и дальнейшей рациональной его разведке.

В состав комплекта горно-геометрических графиков могут входить: геологические планы основных эксплуатационных горизонтов; вертикальные геологические разрезы; графики изогипс поверхности лежащего бока рудных тел; графики изомощностей и изосодержания полезных и вредных компонентов; объемный график и модель месторождения.

## § 17. ПРИМЕР ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ П — СВИТЫ РУДНЫХ ЗОН

Особенности геологического строения месторождения. В строении рудного поля участвуют породы эффузивного, интрузивного и метаморфического комплексов. Эффузивные породы имеют большое распространение и представлены в основном пироксенитами, порфиридами и порфиритоидами. Породами интрузивного комплекса являются габбро, габбро-амфиболиты, пироксениты и перешедшие в серпентиниты перидотиты. Эффузивные и метаморфические породы имеют почти меридиональное простирание и западное падение под углом 45—78°. Морфология рудных зон и очертания границ кров-

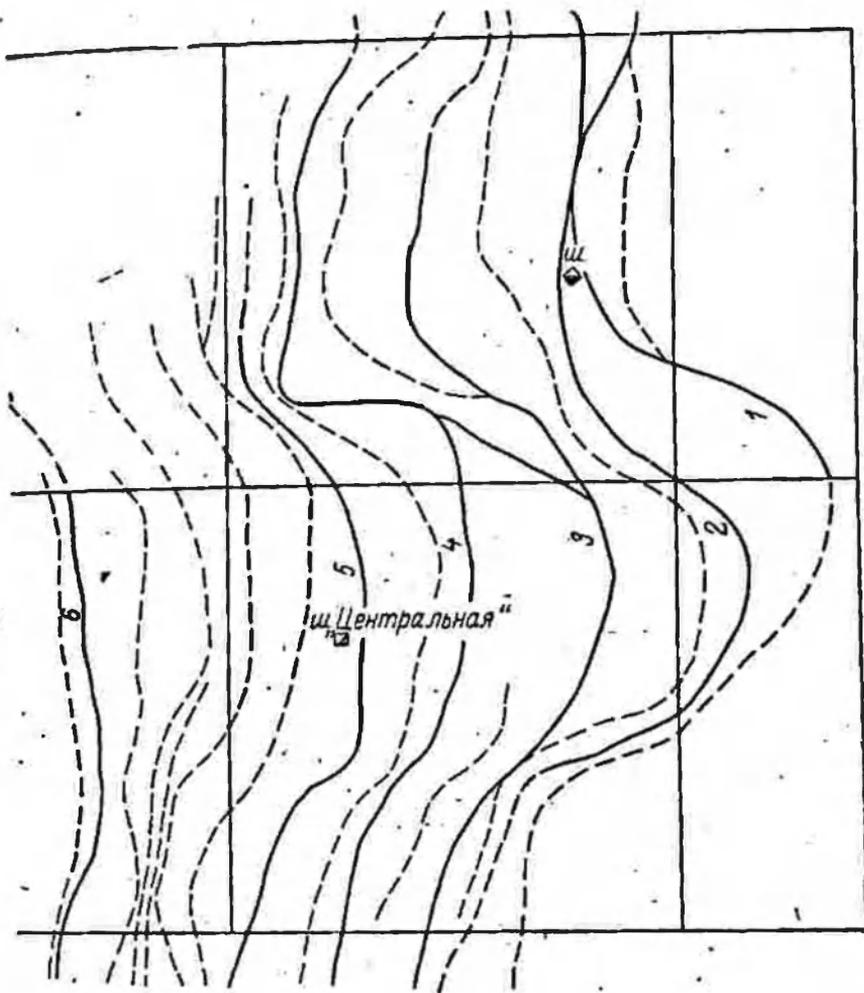


Рис. 8. Рудное поле месторождения П

ли подчиняются контурам этих интрузивов. В северной и южной частях рудного поля отмечается спокойное и близкое к меридиональному простирание рудных зон, в центральной части наблюдается резкий изгиб зон к востоку (рис. 8). В районе изгиба расположены узлы смятия зон, которые вмещают богатые руды. Наблюдаемые в рудных телах нарушения имеют незначительные амплитуды и не оказывают влияния на разведочные и эксплуатационные работы.

Промышленное оруденение не представляет собой сплошных рудных зон, а локализуется в них в виде отдельных разобнесенных рудных тел. Оруденение приурочено главным образом к серии параллельно рас-

положенных узких зон хлоритовых сланцев, залегающих согласно с вмещающими породами. В редких случаях оруденение встречается в карбонато-хлоритовых и кварцево-хлоритовых породах. Зоны хлоритовых или других пород, вмещающие оруденение имеют длину от 0,2 до 2,5 км, расстояние между зонами от 8 до 150 м. В каждой зоне несколько рудных тел. Количество рудоносных зон в рудном поле увеличивается в направлении с запада на восток, что является следствием максимальных напряжений в этой части поля.

Пространственное положение рудных тел, имея южное склонение и длину по простиранию от 30 до 600 м, согласуется с элементами залегания рудоносных зон. Нормальная мощность рудных тел изменяется от 0,2 до 8 м и в среднем составляет около 1 м.

Оруденение представлено несколькими формами концентрации рудной минерализации. Наиболее распространенные из них: челнокообразная, пластообразная, расслоенная пустыми породами и вкрапленная. Челнокообразная форма характеризуется частым чередованием раздувов рудного тела с пережимами. Пластообразная форма отличается резкими контактами сульфидной минерализации с хлоритовыми сланцами.

Вкрапленная форма не имеет четко выраженных границ. Формы рудной минерализации часто сменяют друг друга как по простиранию, так и по падению рудных тел.

Основными промышленными компонентами в руде являются медь и кобальт.

Исходные материалы для геометризации. Для числовой характеристики рудоносных зон и выявления имеющихся закономерностей оруденения были использованы данные по документации очистных и подготовительных выработок.

Основными исходными материалами для исследования явились: погоризонтные планы горных работ в масштабе 1:200 и 1:1000; вертикальные проекции горных работ в масштабе 1:1000; геологические блок-карточки в масштабе 1:200 с данными опробования; геологические зарисовки горных выработок; журналы опробования рудных тел; каталог координат.

нат маркшейдерских пунктов; другие материалы по геолого-маркшейдерской документации.

Все исходные материалы корректировали и выборочно подвергали проверке на точность и достоверность. Определяли погрешность опробования и содержания компонентов.

Оценивая исходные данные опробования, следует отметить следующие недостатки: данные опробования в различные периоды времени являются не равноточными; расстояния между пробами в очистных выработках (блоках) изменяются в больших пределах; по верхним отработанным горизонтам часто отсутствуют анализы на содержание кобальта и серы [18]. Предпочтение отдается более достоверным данным.

Математическая обработка данных опробования руды. По отработанным блокам статистические характеристики вычисляли по всем данным опробования в подготовительных и очистных выработках. Результаты сравнения показателей блоков по данным опробования в подготовительных и очистных выработках месторождения приведены в табл. 4.

Они охватывают средние арифметические значения, средние квадратические отклонения; коэффициент вариации, ошибки арифметического среднего, нижний предел высоких проб, вероятность появления высоких проб и другие. Вычисленные для каждого блока, горизонта, по каждой зоне и каждому показателю средние позволили: дать оценку изменчивости показателей по горизонтам, блокам, зонам и в целом по месторождению; сделать обоснованные заключения о достоверности разведки скважинами и при опробовании по подготовительным выработкам; дать обоснованное заключение о наиболее рациональной густоте опробования в горных выработках; судить об изменении мощности и содержания компонентов по средне-блоковым значениям, по простиранию и падению каждой зоны; по коэффициенту вариации, отнести месторождение к определенной группе по классификации ГКЗ; использовать данные статистической обработки для построения кривых статистического распределения показателей по частотам и кривых изменения

Таблица 4

Горизонт, M	Номера блоков	Мощность зоны						Содержание меди						Содержание кобальта							
		1		2		3		1		2		3		1		2		3			
		n	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_n$	$\Delta$	$\Delta, \%$	n	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_n$	$\Delta$	$\Delta, \%$	n	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_n$	$\Delta$	$\Delta, \%$	n	$\bar{x}_0$	$\bar{x}_n$	$\Delta$	$\Delta, \%$
90—150	5 <sup>c</sup>	159	1,40	1,33	-0,07	5,0	153	0,92	0,93	+0,01	+1,8	152	0,032	0,031	-0,001	-3,1	104	0,032	0,031	-0,001	-3,1
		110					104					104					193	0,024	0,024	0	0
		213	1,90	1,62	-0,28	-14,7	99	0,50	0,53	+0,03	+6,0	95	0,024	0,024	0	0	204	0,035	0,042	+0,007	+20,0
90—150	3 <sup>c</sup>	104					211	0,68	0,84	+0,16	+23,5	204	0,035	0,042	+0,007	+20,0	239				
		239	2,21	1,50	-0,71	-32,1	89	1,01	1,34	+0,33	+32,6	82	0,034	0,038	+0,004	+11,7	90				
		96	1,48	1,20	-0,28	-18,9	204	0,51	0,48	-0,03	-5,9	119	0,030	0,036	+0,006	+20,0	204	0,030	0,036	+0,006	+20,0
90—150	1 <sup>c</sup>	218					187	0,56	0,55	-0,01	-1,8	177	0,024	0,022	-0,002	-8,3	90				
		90	1,56	1,44	-0,12	-7,8	102	0,82	1,07	+0,25	+30,5	96	0,039	0,036	-0,003	-7,7	204	0,026	0,023	-0,003	-11,5
		204	1,26	1,06	-0,20	-15,8	150	0,66	0,81	+0,15	+22,7	141	0,026	0,023	-0,003	-11,5	141	0,024	0,022	-0,002	-8,3
150—210	2 <sup>c</sup>	113	1,38	1,19	-0,19	-13,7	141	0,82	1,07	+0,25	+30,5	91	0,039	0,036	-0,003	-7,7	141	0,024	0,022	-0,002	-8,3
		158	1,48	1,34	-0,14	-9,5	76	0,71	0,82	+0,11	+15,5	85	0,030	0,036	+0,006	+20,0	141	0,024	0,022	-0,002	-8,3
		100					193	0,66	0,81	+0,15	+22,7	145	0,026	0,023	-0,003	-11,5	141	0,024	0,022	-0,002	-8,3
150—210	3 <sup>c</sup>	144	1,58	1,34	-0,24	-15,1	104	0,71	0,82	+0,11	+15,5	8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	144	0,026	0,023	-0,003	-11,5
		76					8	0,71	0,82	+0,11	+15,5	8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	144	0,026	0,023	-0,003	-11,5
		144	1,38	1,19	-0,19	-13,7	193	0,66	0,81	+0,15	+22,7	145	0,026	0,023	-0,003	-11,5	144	0,026	0,023	-0,003	-11,5
150—210	1 <sup>ю</sup>	211					104					8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	211				
		107					104					8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	107				
		107	1,48	1,34	-0,14	-9,5	104	0,66	0,81	+0,15	+22,7	145	0,026	0,023	-0,003	-11,5	107				
Среднее	8 блоков	1,58	1,34	-0,24	-15,1	8	0,71	0,82	+0,11	+15,5	8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	8	0,030	0,031	+0,001	+3,3	

$\bar{x}_0$  — среднее значение показателя по всем пробам в блоке;

$\bar{x}_n$  — среднее значение показателя по данным опробования в подготовительных выработках.

мощности и содержания компонентов с глубиной для каждой зоны.

По большинству зон опробование в подготовительных выработках можно проводить не через 2 м, как это делается на руднике, а через 2,5—3,0 м, что значительно сокращает средства и время на опробование и производство химических анализов.

По материалам математической обработки данных опробования рудоносных зон, построены кривые статистического распределения содержания компонентов по основным рудным телам (рис. 9).

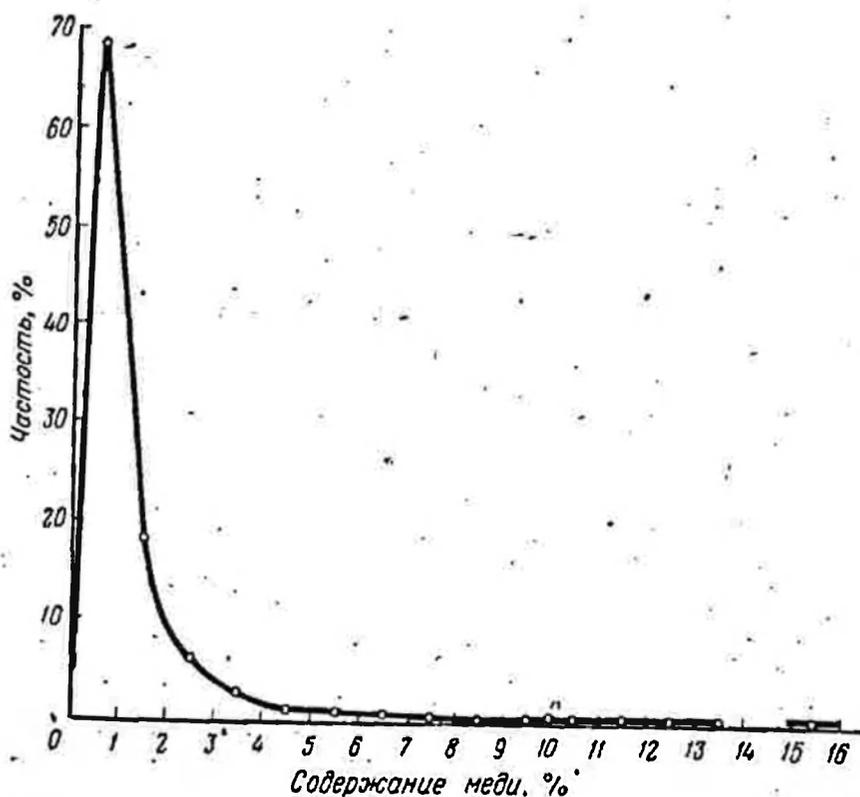


Рис. 9. Кривая статистического распределения меди  $K$  — граница между нормальными и исключительными пробами

Анализируя кривые статистического распределения содержания компонентов, можно сделать следующие выводы: форма кривых распределения содержания меди, кобальта и серы для всех рудоносных зон является правоасимметричной; кривые наглядно показывают соотношение запасов руды с различным со-

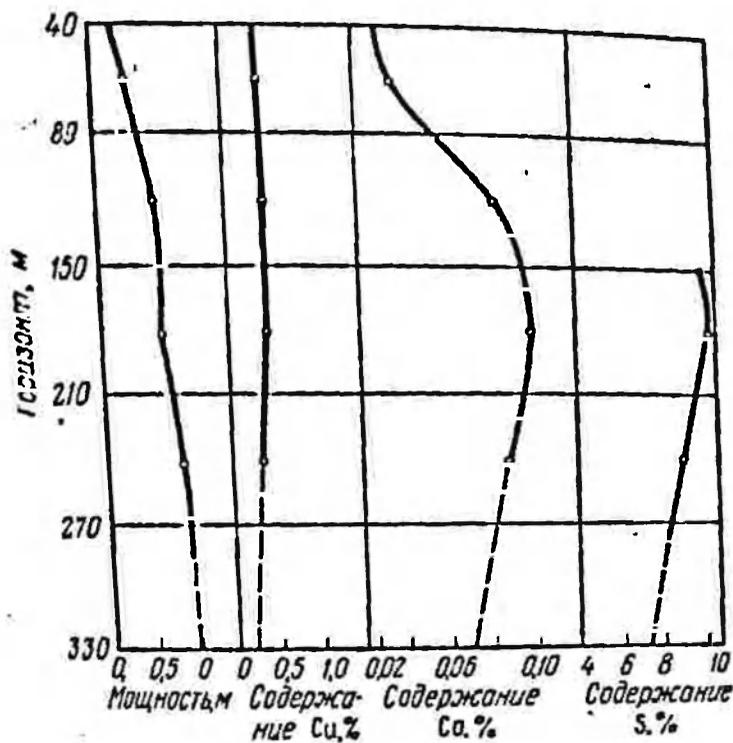


Рис. 10. Кривые изменения мощности и содержания компонентов с глубиной по одной рудоносной зоне

держанием компонентов: по построенным кривым можно наметить верхний предел нормальных проб каждого компонента и более правильно решить вопрос об учете высоких проб по вероятности их появления.

По вычисленным значениям  $x_c$  и  $\sigma_c$  по каждому рудному телу можно найти верхний предел нормальных проб.

Изменение мощности и содержания компонентов с глубиной. Для характеристики изменения мощности и содержания компонентов с глубиной по каждой рудоносной зоне используют средние значения показателей по отработанным горизонтам, вычисленные по данным среднеблоковых значений показателей (рис. 10).

На основании существующей закономерности даны прогнозы этих показателей на нижележащий горизонт. После отработки нижележащих горизонтов было сделано сравнение данных прогнозов с фактическими значениями показателей. По результатам сравнения видно, что показатели прогнозов подтверждаются фактическими данными отработки с величиной расхождения, не превышающей разницы между подготовительными и очистными выработками.

При сопоставлении средних значений показателей по блокам, вычисленным по данным опробования подготовительных выработок и по данным опробования в очистных выработках (по 35 блокам), получены следующие расхождения.

По мощности			
расхождения, %	частоты, %	расхождения, %	частоты, %
+35	2,8	-5	11,4
+30	0	-10	8,6
+25	0	-15	14,3
+20	0	-20	8,6
+15	8,6	-25	2,9
+10	14,3	-30	2,8
+5	8,6	-35	2,8

По содержанию меди			
расхождения, %	частоты, %	расхождения, %	частоты, %
+45	0	+5	5,7
+40	0	-5	5,7
+35	5,7	-10	8,6
+30	5,7	-15	11,4
+25	11,4	-20	5,7
+20	0	-25	2,9
+15	5,7	-30	2,9
+10	8,6	-35	0
		-40	2,9

Расхождения по содержанию кобальта			
расхождения, %	частоты, %	расхождения, %	частоты, %
+40	2,8	-5	14,3
+35	0	-10	20,0
+30	2,9	-15	2,9
+25	0	-20	2,9
+20	8,6	-25	0
+15	14,3	-30	0
+10	14,3	-35	2,8
+5	5,7	-40	2,8
0	5,7		

Вычисления показывают, что наибольшие расхождения по всем показателям достигают 35—45%. Однако частота этих расхождений не превышает 3%.

Корреляционная зависимость проводится по исходным материалам позабойного опробования на содержание: меди, кобальта, серы и показателей мощности.

В результате проведенного анализа по корреляции

онной зависимости установлено наличие прямой корреляционной зависимости между содержанием меди и кобальта, между содержанием кобальта и серы. Сила корреляционной связи по индивидуальным пробам недостаточна для того, чтобы с достаточной точностью по кривой зависимости можно было определить по содержанию одного компонента содержание второго, поэтому следует определять связь по групповым значениям. Более сильная корреляционная связь отмечается между содержанием серы и кобальта. Эту связь можно использовать для определения содержания серы по содержанию кобальта. Форма этой связи прямая и близкая к линейной, теснота корреляционной связи по различным зонам изменяется от 0,5 до 0,8.

Определение зависимости между коэффициентом корреляции и степенью усреднения показателей. Для исследования использовали таблицы результатов опробования рудоносной зоны в подготовительных выработках на содержание серы и кобальта (308 парных анализов). Коэффициенты корреляции определяли по всем частным пробам, затем при усреднении по 2, 5, 10 и 15 пробам (табл. 5).

Таблица 5

Степень усреднения	Число парных анализов	Коэффициент корреляции
308 частных проб . . . . .	308	0,50
По 2 пробы . . . . .	153	0,57
По 5 проб . . . . .	58	0,75
По 10 проб . . . . .	30	0,83
По 15 проб . . . . .	20	0,85

Из табл. 5 видно, что с увеличением усреднения закономерно растет коэффициент корреляции [19]. В процессе разведки и эксплуатации месторождения для обобщения разведочных данных составляют вертикальные геологические разрезы в масштабе 1:500, а для текущего обслуживания горно-эксплу-

тационных работ составляют геологические погоризонтные планы в масштабе 1:200 и 1:1000.

Для обобщения накопленного материала при разведке и эксплуатации месторождения и выявления закономерностей формы залегания в изменении качественных особенностей применен способ изолиний. Исследованиям установлено, что для данного месторождения способ изолиний может быть применен при условии усреднения исходных данных опробования.

Выбор необходимого комплекта геометрических графиков. Исходя из особенностей геологического строения месторождений и потребностей производства наиболее необходимыми по каждой рудоносной зоне являются геометрические графики изогипс лежачего бока зоны; изомощностей рудных тел; изолиний содержания меди; изолиний содержания кобальта; изолиний содержания серы; изолиний произведения мощности на содержание меди; изолиний произведения мощности на содержание кобальта; изолиний суммарного приведенного содержания меди и кобальта.

Построение и назначение горно-геометрических графиков. При сложном залегании рудоносных зон и отсутствии маркирующего горизонта, частых пережимах и выклинках рудных тел, расщеплении их на ряд апофиз разведка и эксплуатация месторождения связана с трудностями. Поэтому по каждой зоне на листах в масштабе 1:500 или 1:1000 строят график изогипс лежачего бока. Исходным материалом для построения служат погоризонтные планы горных работ, результаты маркшейдерской съемки горных выработок и геологические зарисовки рудных тел по выработкам. На копию сводного плана горных работ по зоне наносят в характерных местах высотные отметки залегания зоны.

Построение изогипс проводили с сечением рельефа через 10 м. После построения изогипс на выработанных участках строят прогнозные изогипсы на проектируемом к отработке горизонте.

Построенные прогнозы позволили более правильно планировать и проводить подготовительные выработки и сократить излишние расходы средств и времени по проведению дополнительных выработок.

Построение графиков изомощностей рудных тел и графиков изолиний содержания меди, кобальта и серы. Построению графиков изомощностей и качественных графиков в изолиниях по каждой рудоносной зоне предшествует площадное сглаживание исходных данных замера мощностей и данных опробования по каждому компоненту.

Исходя из среднего коэффициента вариации и показателя объединения проб, «окно» для площадного сглаживания может быть вычислено по формуле

$$a = a_0 k = 3,5 \cdot 8 \approx 30 \text{ м,}$$

где  $a_0$  — расстояние между точками опробования, определяемое по таблице ГКЗ в зависимости от коэффициента вариации;

$k$  — коэффициент объединения проб.

«Окно» для осреднения показателя по площади может быть определено по формуле

$$a = lT,$$

где  $l$  — расстояние между исходными пробами, м;  
 $T$  — период колебания показателя,

$$T = \frac{2}{t},$$

$t$  — частота колебания проб относительно среднего уровня;

$$t = \frac{1-r^2}{2},$$

$r$  — значение коэффициента корреляции смежных проб.

Например, при  $r=0,52$

$$t = \frac{1 - (0,52)^2}{2} = 0,365;$$

$$T = \frac{2}{0,365} = 5,48; \quad a = 5 \cdot 5,48 \approx 25 \text{ м.}$$

Величину сечения качественных графиков определяли по формуле

$$\Delta h = 6m.$$

Построенные графики изолиний мощности и содер-

жания компонентов отражают изменения показателей по площади и выявляют закономерности месторождения. Кроме того, при сопоставлении качественных графиков, изомощностей и изогипс лежащего бока можно сделать заключение о взаимосвязи качественных и структурных особенностей рудоносных зон.

Графики изолиний произведения мощности на содержание компонентов. Для оконтуривания промышленных участков зон с учетом мощности рудных тел и содержания компонентов строят графики изолиний произведения мощности на содержание компонентов. Они служат главным образом для подсчета запасов, учета потерь и дают наглядное представление о площадном распределении запасов.

Для оконтуривания промышленных участков могут быть построены графики изолиний суммарного содержания полезных компонентов с использованием переводных коэффициентов.

Графики изолиний среднеблоковых значений показателей. Исходными данными для построения их являются групповые средние значения опробования по блокам каждой зоны и планы горных работ. По этим среднеблоковым характеристикам строят в изолиниях графики изомощностей, изосодержания и произведения мощности на содержание компонентов. Построение этих графиков не связано с большими трудностями, так как необходимые средние показатели вычисляют при статистической обработке, а размножение копий планов горных работ осуществляют фото- или электромеханическим путем.

Построенные графики изолиний по среднеблоковым значениям показателей позволяют выявить общие закономерности их изменения по каждой зоне и в целом по месторождению. Они позволяют строить прогнозы мощности и содержания компонентов для намечаемого к отработке инжележащего горизонта.

Проверкой установлено, что расхождения прогнозов на один горизонт с фактическими данными отработки имеют тот же порядок, что и расхождения данных опробования по подготовительным выработкам с данными эксплуатации.

Оценка достоверности горногеомет-

рических графиков. Как известно из курса математической статистики, общая дисперсия показателя

$$\sigma_0^2 = \sigma_3^2 + \sigma_{\Delta}^2, \quad (2)$$

где  $\sigma_3^2$  — доля закономерной дисперсии;  
 $\sigma_{\Delta}^2$  — доля случайной дисперсии.

Разделив каждый член выражения (2) на  $\sigma_0^2$  и при-  
няв

$$\frac{\sigma_{\Delta}^2}{\sigma_0^2} = \Delta^2, \quad \text{а} \quad \frac{\sigma_3^2}{\sigma_0^2} = r^2,$$

получим

$$1 = r^2 + \Delta^2,$$

где  $r$  — коэффициент корреляции смежных значений проб показателя;

$r^2$  — доля закономерного изменения показателя;

$\Delta^2$  — доля случайного изменения.

Таким образом, проводя анализ корреляционной зависимости между смежными значениями показателя, получим представление о закономерности изменения его при данной сетке опробования.

Погрешность графика в изолиниях определим по формуле

$$m_x = \pm \frac{\sigma_0 \sqrt{1-r^2} t}{\sqrt{n}},$$

где  $\sigma_0$  — среднее квадратическое отклонение;

$t$  — коэффициент вероятности;

$n$  — число наблюдений.

В результате геометризации месторождения можно сделать следующие выводы: математическая обработка данных опробования позволила характеризовать оруденение в каждом блоке и зоне числовыми величинами; на основании математической обработки данных опробования можно определить оптимальное расстояние между пробами в подготовительных выработках; построенные кривые статистического распределения содержания компонентов показывают характер оруденения; кривые изменения мощности и содержания с глубиной можно построить по

рудным телам исследуемых зон; между содержанием серы и кобальта, меди и кобальта можно установить корреляционную зависимость; по геометрическим графикам можно вести разведку и эксплуатацию месторождения; на основе геометрических графиков можно выявить закономерность в оруденении по отдельным зонам и рудным телам.

## § 18. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕДНО-НИКЕЛЕВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ К

Месторождение расположено в западной части синклинория. Оно приурочено к лежащему боку дифференцированной интрузии ультраосновного состава. Основной рудоконтролирующей структурой месторождения является расположенная в ее лежащем боку широтная тектоническая зона.

Основное рудное тело представлено пластообразной залежью значительных размеров. Угол падения изменяется от 20 до 70° (в среднем 25—35°). Залегание залежи осложнено различными складками, связанными с подстилающей эффузивно-осадочной толщей. Мощность основного рудного тела изменяется от 25—30 м до полного выклинивания. В разрезе рудное тело имеет сложное строение и представлено следующими типами медно-никелевых руд (от висячего к лежащему боку): оруденелыми серпентинитами, сплошными сульфидными рудами, оруденелой тектонической брекчией и оруденелыми филлитами. Лежащий бок, контролируемый тектонической брекчией и оруденелыми филлитами, имеет сравнительно четкий контакт. Висячий бок рудного тела характеризуется постепенным переходом вкрапленных оруденелых серпентинитов в забалансовые или безрудные интрузивные породы. Оконтуривание производится по результатам опробования [12].

Кроме основного рудного тела имеется ряд апофиз и параллельных рудных тел, которые в большинстве не имеют самостоятельного промышленного значения. В пластообразных рудных телах большой мощности необходимо изучить трещиноватость, выявить закономерность ее размещения в залежи, найти связь интенсивности трещиноватости с оруденением и сде-

ать прогнозы, так как это позволяет учитывать параметры систем разработки.

Методика геометризации медно-никелевых месторождений К основывается на изучении особенностей геологического строения месторождения, горной технологии и характера изменчивости размещения рудных тел.

Математической обработкой данных опробования и наблюдений установлено, что: существует корреляционная зависимость между содержаниями никеля и меди в оруденелых серпентинитах; между содержаниями никеля и меди во всех других типах руд, а поэтому нет необходимости в составлении графиков изолиний содержания обоих компонентов; имеются связи размещения зон ослабленных пород с трещиноватостью, микроскладчатостью и крупными складчатыми структурами месторождения.

В состав необходимого комплекта горно-геометрических графиков для данного типа месторождений рекомендуются: геологические планы основных эксплуатационных горизонтов; вертикальные геологические разрезы; графики изогипс поверхности лежащего бока рудного тела; графики изолиний мощности рудного тела; графики изолиний содержания полезных компонентов.

Указанные горно-геометрические графики позволяют: обобщить накопленный материал; выявить имеющиеся закономерности в изменении показателей; делать прогнозы значений показателей на планируемые в отработку участки; более рационально осуществлять планирование горных работ и разработку месторождения.

В всячем боку рудной зоны преобладают медно-цинковые руды, в лежащем — преимущественно медные.

## § 19. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕДНОКОЛЧЕДАННОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ Д

В геологическом строении рудного поля месторождения принимают участие главным образом интрузивные породы и комплекс метаморфизованных альбитофинов и сланцев. Сланцы прослеживаются через весь

район в виде вытянутой полосы мощностью до 500—600 м с простиранием около  $245^\circ$  и падением на восток от  $80$  до  $55^\circ$  [16]. Висячий бок рудного тела состоит из кварцево-серицитовых сланцев, которые у контакта с рудой пиритизированы. Непосредственно лежащий бок рудного тела образуют жильные кварцевые альбитофиры.

Мощность рудного тела не постоянна. В верхних горизонтах она составляет в среднем 9—9,5 м, в центральной части 25 м и остальных частях месторождения — в среднем 6 м. Элементы залегания наиболее мощной части месторождения по простиранию выдерживаются довольно хорошо. Здесь рудное тело, волнообразно извиваясь, хорошо сохраняет мощность. Маломощные фланговые части месторождения ведут себя менее спокойно, наблюдаются крутые загибы и разрывы сплошности.

В некоторых случаях параллельно главному рудному телу расположено другое. Мощность другого рудного тела колеблется от 0,5 до 10 м с прослойками пустых пород до 1—2 м. Выдержанность рудного тела по падению значительно хуже, чем по простиранию — часто наблюдается в небольших интервалах изменение угла наклона на  $20$ — $40^\circ$ . Средний угол падения изменяется от  $60$  до  $65^\circ$  на восток. Тектонические перемещения, преимущественно в вертикальной плоскости, создают ступенчатые выступы и разрывы.

Руда представлена сплошным медистым и серным колчеданами. Серный колчедан, наиболее распространенный в центральной части месторождения, образует неправильные линзовидные полосы среди медистого. Выход рудного тела на земную поверхность представлен бурым железняком (железной шляпой) с вертикальной мощностью около 23 м. Ниже залегает слой пиритной сыпучки толщиной от 3 до 5 м. За этим слоем следует плотный колчедан.

Более ранние фазы тектоники характеризуются образованием толщи метаморфических сланцев, подвергшихся сильному смятию. Рудная залежь повторяет форму смятых сланцев и дает неправильные извилистые контуры.

К последней фазе тектонических проявлений относятся пострудные перемещения преимущественно

взбросового характера с амплитудой в несколько метров.

Помимо взбросов, наблюдаются и горизонтальные перемещения также с небольшой амплитудой. Пострудные дислокации вызвали многочисленные мелкие глыбовые перемещения и неравномерно разбили рудное тело густой сетью трещин.

Месторождение относится к числу типичных гидротермальных эпигенетических залежей, приуроченных к комплексу метаморфических сланцев.

В состав руды входят следующие сульфидные элементы: халькопирит, ковеллин, халькозин, теннантит и борнит. Распределение меди в рудном теле неравномерное. Отмечается значительная концентрация ее в зоне вторичного обогащения на глубине 50—100 м. На большинстве участков вторичное обогащение выражено слабо, а в северной части месторождения оно практически отсутствует.

На рис. 11 показана диаграмма изменения содержания меди и цинка с глубиной для всего месторождения. Цинк представлен главным образом в сфалерите и в небольшом количестве в теннантите.

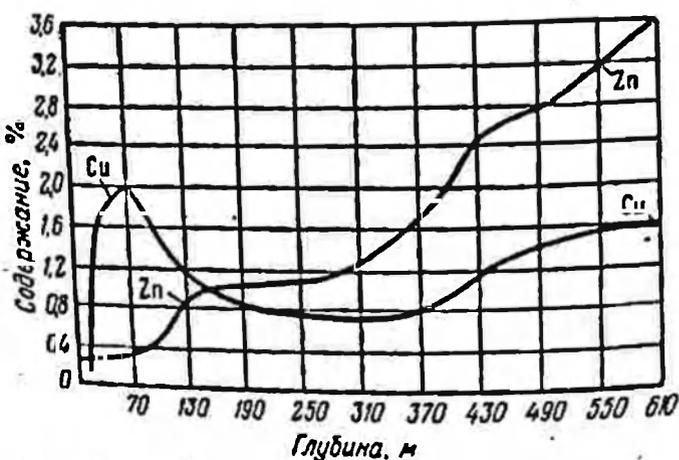


Рис. 11. Диаграмма изменения содержания меди и цинка с глубиной

Сера и железо связаны с пиритом. Наибольшая концентрация серы и железа наблюдается в зоне выщелачивания — в колчеданной сульфидной руде.

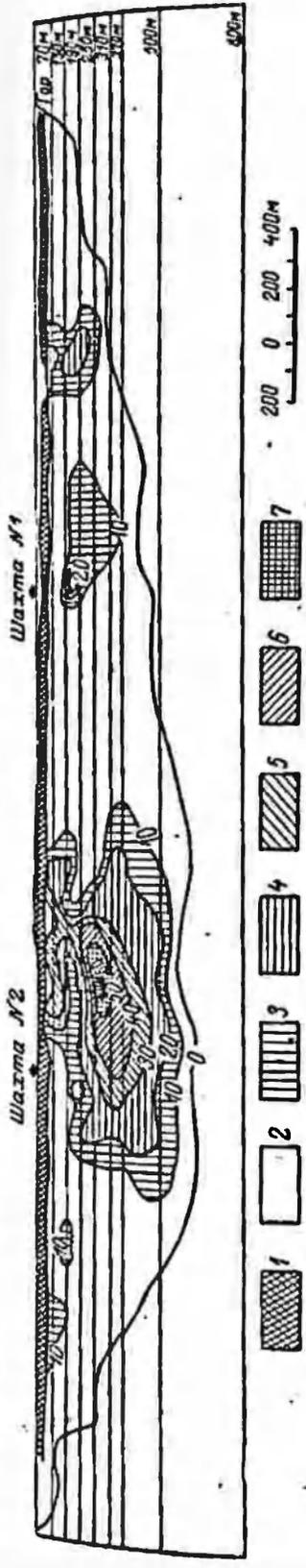


Рис. 12. График горизонтальных изомощностей залежи с проекцией на вертикальную плоскость (по С. Н. Иванову и М. И. Меркулову).  
 1 — зона выветривания; горизонтальная мощность кочелана: 2 — от 0 до 10 м; 3 — от 10 до 20 м; 4 — от 20 до 30 м; 5 — от 30 до 40 м; 6 — от 40 до 50 м; 7 — от 50 до 60 м

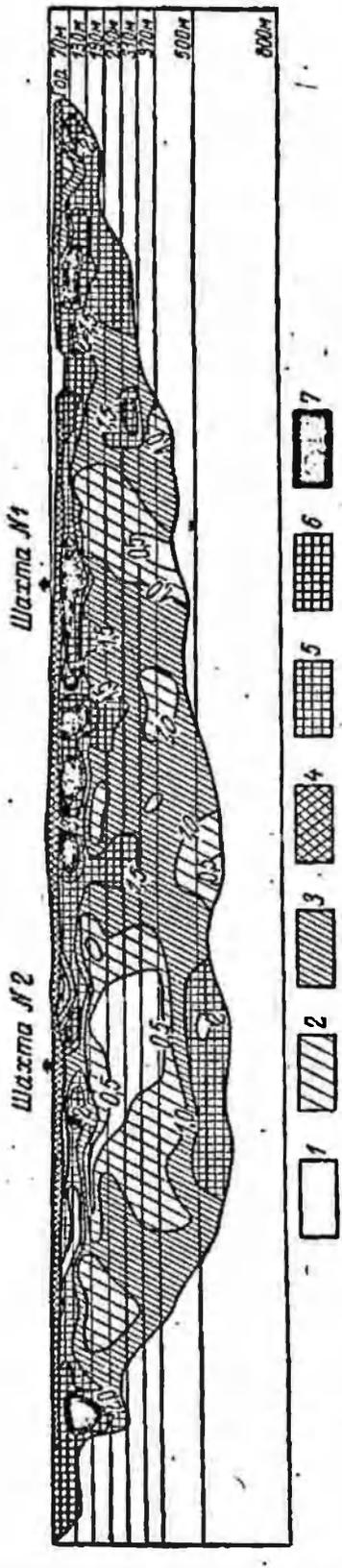


Рис. 13. График изолиний содержания меди в проекции на вертикальную плоскость (по С. Н. Иванову и М. И. Меркулову).  
 Содержание меди: 1 — 0,0—0,5%; 2 — 0,5—1,0%; 3 — 1,0—1,5%; 4 — железная шляпа и сыпучая шляпа; 5 — 1,5—2,0%; 6 — 2—3%; 7 — 3% и более

кое среднее содержание как серы, так и железа отмечается в центре месторождения, во фланговых частях месторождения среднее содержание их падает.

В результате изучения месторождения составлены геометрические графики и разрезы, на которых отражены форма залегания и качественные особенности месторождения. Такими графиками являются: геологический план месторождения; геологические разрезы вкрест простирания месторождения; горизонтальные разрезы рудной залежи на различной глубине. Исходя из особенностей геологического строения месторождения и потребностей производства, наиболее полезными являются следующие графики: фронтов лежачего бока и зоны; изомощностей медистого колчедана; изосодержания меди, цинка и серы [38].

График (рис. 12) изомощности рудной залежи через 10 м показывает значительный раздув залежи в центральной части месторождения. График изолиний суммарного содержания меди в медистом и серном колчеданах (рис. 13) показывает пятнистое размещение металла, но со снижением содержания с глубиной. По простиранию и падению рудного тела выделяются три рудных столба более мощных и богатых руд. Фланги имеют более низкое содержание. Повышенные и пониженные содержания имеют изометрический характер, что свидетельствует о прерывистом характере оруденения и особенно нижних горизонтов. Минимальное содержание серы занимает площади центральной и северной частей зоны. Распределение содержания серы обратно пропорционально распределению цинка.

Из приведенных графиков видно, что ниже горизонта 370 м содержание меди снижается, а с глубины 500 м начинается выклинивание месторождения.

График изомощностей медистого колчедана показывает, что распространение его наблюдается в виде не прерывной линзы на всем протяжении.

П. А. Шехтман [38] отмечает, что рудообразующие агенты действуют преимущественно на приоткрытых участках, поэтому морфология и интенсивность минерализации имеет связь. Ее можно установить графостатистическим и апалитическим способами.

Распределение цинка в месторождении еще менее

равномерное; наиболее бедной является мощная центральная серпоколчеданная часть месторождения.

Графики изосодержания меди, цинка и серы в медистом колчедане и статистические исследования показали, что медь имеет развитие по всей линзе и что наибольшее содержание ее наблюдается в лежащем боку залежи.

#### Глава IV

### ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ

#### § 20. ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Количественная информация железорудных месторождений определяется следующими показателями: содержанием общего магнитного и силикатного железа; наличием сульфидов; попутным количеством полезных компонентов (титан, ванадий и т. д.) и вредных (сера, фосфор, ...); содержанием шлакообразующих ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ); средним диаметром зерен; выходом концентрата из руды; количеством общего железа; содержанием железа в хвостах и выходом хвостов из руды.

Некоторые месторождения отличаются сложностью геологической обстановки, обусловленной дизъюнктивной тектоникой, о которой зачастую известно становится только в период эксплуатации.

Химический анализ на месторождениях производится только на ведущие компоненты. При наличии устойчивой зависимости между ними возможно нахождение аналитическим путем одних по значению других. Например, для железных руд весьма часто устанавливается обратная корреляционная зависимость между содержанием железа и шлакообразующими компонентами, которые определяют собой технологические свойства руд.

Так как для заводов нужны однородные по качеству руды, то ценность руды определяется не только содержанием железа и основных компонентов, но и стандартом качества. Поэтому для планирования ми-

нерального сырья нужно знать пространственное размещение железа и сопутствующих компонентов [27].

Большое значение имеют показатели следующих отношений:  $Fe:FeO$  — позволяет делить руды на магнетитовые, полумартитовые и мартитовые;  $FeO:Fe$  — имеет связь с наличием в руде серы и цинка;

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

определяет степень основности и делит руды на ба-  
лансовые и забалансовые.

Согласно требованиям инструкции по классификации запасов полезных ископаемых, минеральное сырье должно характеризоваться по:

шлакообразующим компонентам — оксидам кремнезема, глинозема, титанового ангидрида, оксидов кальция, магния, бария, сведения о которых являются важными для расчета шихты;

полезным примесям — никеля, кобальта, молибдена, ванадия и др.;

примесям марганца и хрома, которые в одном случае могут быть вредными, в другом — полезными; вредным примесям — сере, фосфору, мышьяку, олову, цинку, свинцу, что требует статистического анализа разведочной информации и геометризации этих месторождений.

При больших расстояниях между разведочными выработками увязку литологического состава пород и качественных их особенностей можно осуществлять только в первом приближении.

Например, на рис. 14 сделаны построения трех вариантов рудных тел на разрезе месторождения С в различное время различными геологами по одним и тем же данным. Сопоставление вариантов показывает существенную разницу представления о форме рудных тел. В первых вариантах не учитывалась геометрия продуктивной толщи.

## § 21. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обработка материалов опробования железорудных месторождений методами математической статистики

## Глава IV

# ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИИ

### § 20. ОСОБЕННОСТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Количественная информация железорудных месторождений определяется следующими показателями: содержанием общего магнитного и силикатного железа; наличием сульфидов; попутным количеством полезных компонентов (титан, ванадий и т. д.) и вредных (сера, фосфор, ...); содержанием шлакообразующих ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ); средним диаметром зерен; выходом концентрата из руды; количеством общего железа; содержанием железа в хвостах и выходом хвостов из руды.

Некоторые месторождения отличаются сложностью геологической обстановки, обусловленной дизъюнктивной тектоникой, о которой зачастую известно становится только в период эксплуатации.

Химический анализ на месторождениях производится только на ведущие компоненты. При наличии устойчивой зависимости между ними возможно нахождение аналитическим путем одних по значению других. Например, для железных руд весьма часто устанавливается обратная корреляционная зависимость между содержанием железа и шлакообразующими компонентами, которые определяют собой технологические свойства руд.

Так как для заводов нужны однородные по качеству руды, то ценность руды определяется не только содержанием железа и основных компонентов, но и стандартом качества. Поэтому для планирования ми-

нерального сырья нужно знать пространственное размещение железа и сопутствующих компонентов. [27].

Большое значение имеют показатели следующих отношений:  $Fe : FeO$  — позволяет делить руды на магнетитовые, полумартитовые и мартитовые;  $FeO : Fe$  — имеет связь с наличием в руде серы и цинка;

$$\frac{CaO + MgO}{SiO_2 + Al_2O_3}$$

определяет степень основности и делит руды на балансовые и забалансовые.

Согласно требованиям инструкции по классификации запасов полезных ископаемых, минеральное сырье должно характеризоваться по:

шлакообразующим компонентам — окислам кремнезема, глинозема, титанового ангидрида, окислов кальция, магния, бария, сведения о которых являются важными для расчета шихты;

полезным примесям — никеля, кобальта, молибдена, ванадия и др.;

примесям марганца и хрома, которые в одном случае могут быть вредными, в другом — полезными;

вредным примесям — сере, фосфору, мышьяку, олову, цинку, свинцу, что требует статистического анализа разведочной информации и геометризации этих месторождений.

При больших расстояниях между разведочными выработками увязку литологического состава пород и качественных их особенностей можно осуществлять только в первом приближении.

Например, на рис. 14 сделаны построения трех вариантов рудных тел на разрезе месторождения С в различное время различными геологами по одним и тем же данным. Сопоставление вариантов показывает существенную разницу представления о форме рудных тел. В первых вариантах не учитывалась геометрия продуктивной толщи.

## § 21. СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ДАННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Обработка материалов опробования железорудных месторождений методами математической статистики

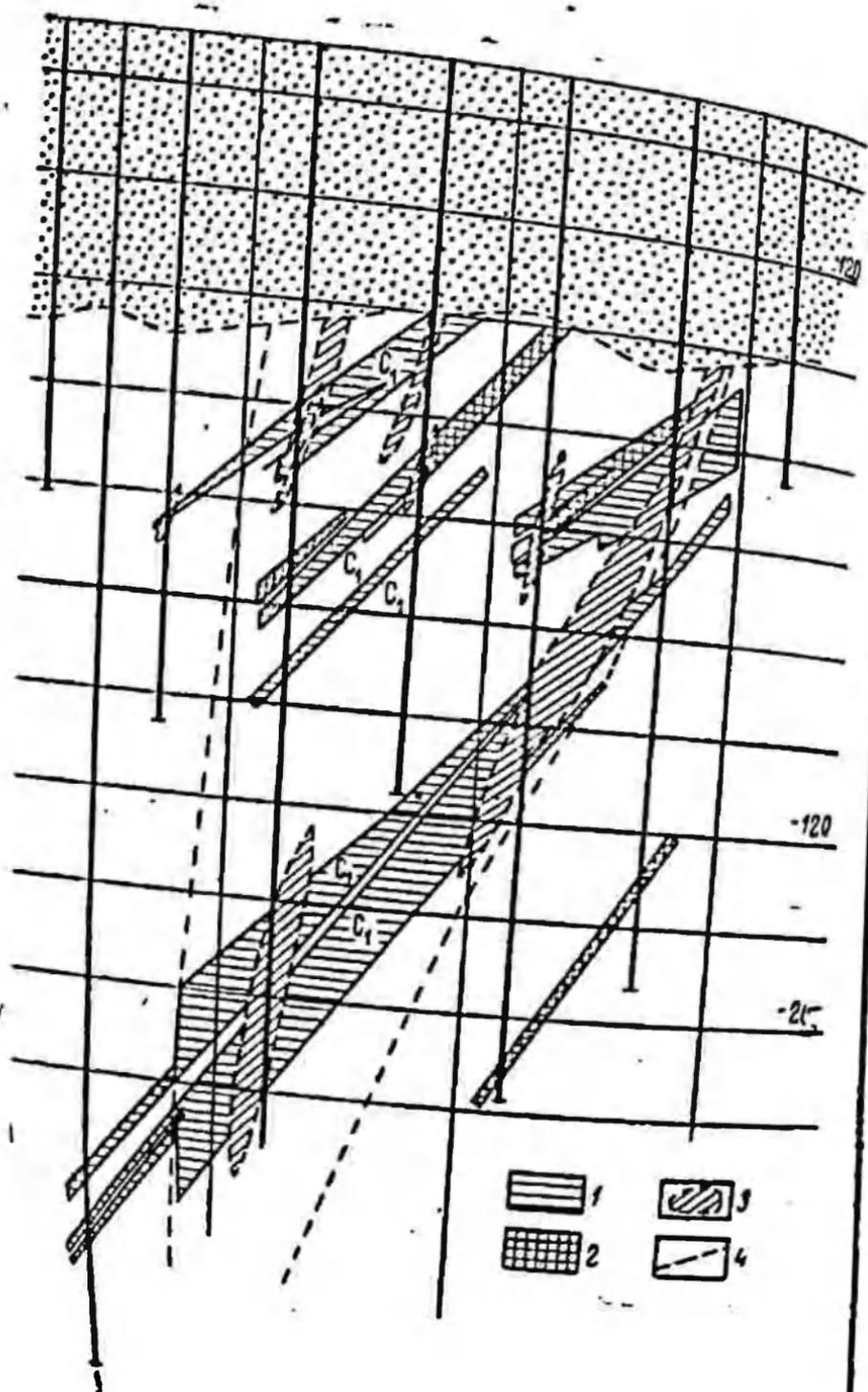


Рис. 14. Сравнительный геологический разрез месторождения С:

1 — контуры рудных тел по первому варианту; 2 — контуры рудных тел по второму варианту; 3 — контуры рудных тел по третьему варианту; 4 — границы продуктивной толщи

позволяет выявлять общие закономерности в распределении компонентов.

На карьерах используют в основном исходные данные эксплуатационной разведки, при рассмотрении которых основное внимание уделяют химическим анализам, изучению физических свойств пород и руд и их взаимосвязи, так как эти параметры нередко контролируют направление горных работ.

При статистических исследованиях, как правило, стремятся иметь большой объем статистических коллективов. Однако это не всегда возможно. Например, как среднее арифметическое, так и средневзвешенное значения объемного веса по скважинам приводят к большим ошибкам.

В. И. Кузьмин [22] рекомендует значение среднего объемного веса брать как средневзвешенное значение (как математическое ожидание) по формуле

$$\bar{a}_{\text{ср}} = n_1 a_1 + n_2 a_2 + \dots + n_k a_k,$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_k$  — определенные значения объемного веса;

$n_1, n_2, \dots, n_k$  — частоты тех же значений объемного веса, определяемых по кривой распределения содержания железа.

Статистическая обработка исходных данных позволяет оценивать средние значения различных участков, выявлять изменения содержания компонентов по простиранию и падению, делать выводы о плотности эксплуатационной разведки и усреднять химический состав руд. Важнейшим условием при статистическом анализе является достоверность, полнота и представительность исходных данных.

Для определения однородности различных участков месторождения их детально изучают по геологическим признакам (выделяют структурные блоки, учитывают зональность, литологический состав и т. д.) и сравнивают выборочные средние. Сравнение лучше всего делать методом разряжения. Из достаточно большой совокупности (эталона) можно составить несколько выборочных совокупностей. Сравнивая их средние показатели между собой, можно получить представление об их устойчивости, надежности, достаточном и необходимом объеме.

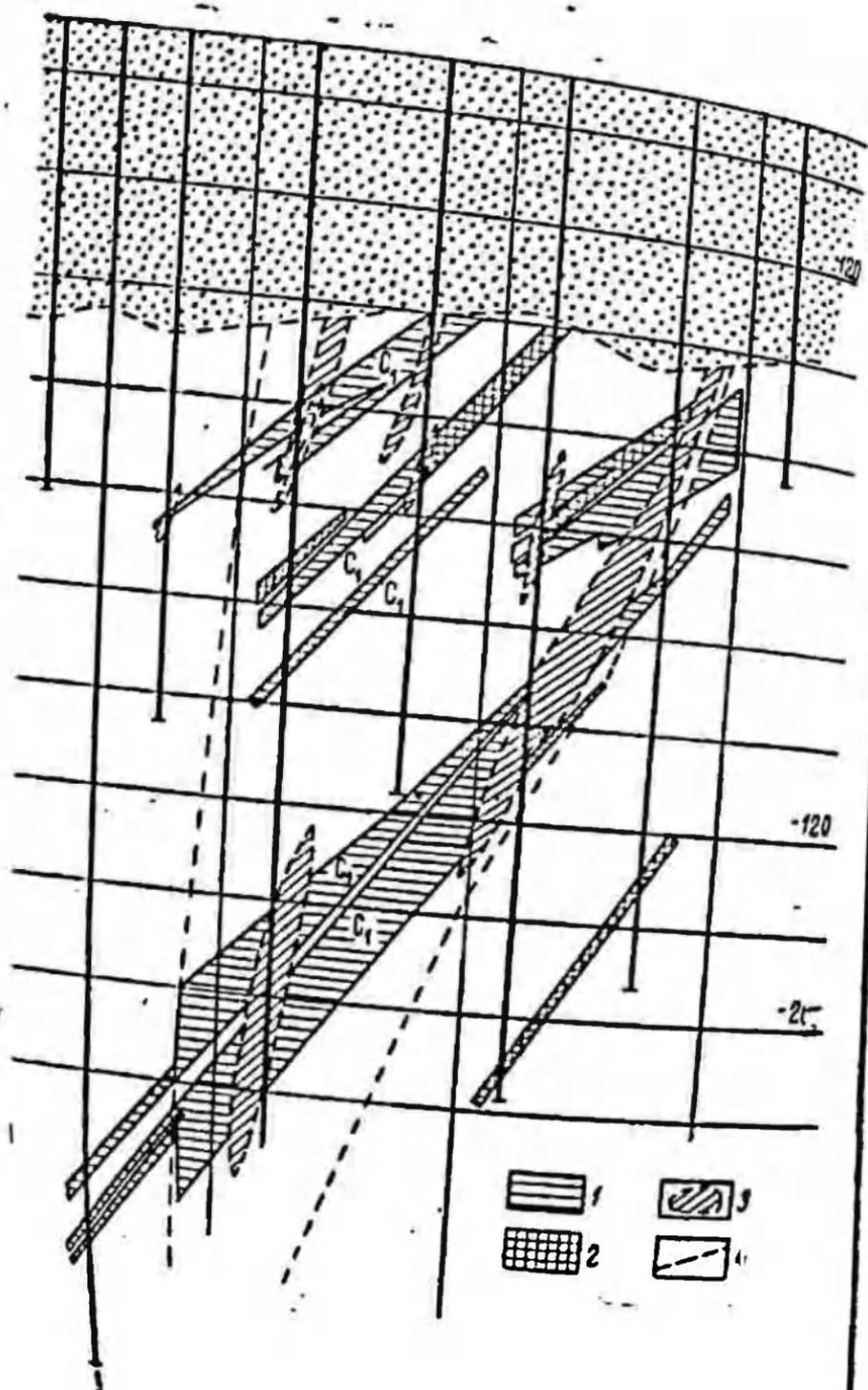


Рис. 14 Сравнительный геологический разрез месторождения С:  
 1 — контуры рудных тел по первому варианту; 2 — контуры рудных тел по второму варианту; 3 — контуры рудных тел по третьему варианту; 4 — границы продуктивной толщи

позволяет выявлять общие закономерности в распределении компонентов.

На карьерах используют в основном исходные данные эксплуатационной разведки, при рассмотрении которых основное внимание уделяют химическим анализам, изучению физических свойств пород и руд и их взаимосвязи, так как эти параметры нередко контролируют направление горных работ.

При статистических исследованиях, как правило, стремятся иметь большой объем статистических коллективов. Однако это не всегда возможно. Например, как среднее арифметическое, так и средневзвешенное значения объемного веса по скважинам приводят к большим ошибкам.

В. И. Кузьмин [22] рекомендует значение среднего объемного веса брать как средневзвешенное значение (как математическое ожидание) по формуле

$$d_{\text{ср}} = n_1 d_1 + n_2 d_2 + \dots + n_k d_k,$$

где  $a_1, a_2, \dots, a_k$  — определенные значения объемного веса;

$n_1, n_2, \dots, n_k$  — частоты тех же значений объемного веса, определяемых по кривой распределения содержания железа.

Статистическая обработка исходных данных позволяет оценивать средние значения различных участков, выявлять изменения содержания компонентов по простиранию и падению, делать выводы о плотности эксплуатационной разведки и усреднять химический состав руд. Важнейшим условием при статистическом анализе является достоверность, полнота и представительность исходных данных.

Для определения однородности различных участков месторождения их детально изучают по геологическим признакам (выделяют структурные блоки, учитывают зональность, литологический состав и т. д.) и сравнивают выборочные средние. Сравнение лучше всего делать методом разряжения. Из достаточно большой совокупности (эталона) можно составить несколько выборочных совокупностей. Сравнивая их средние показатели между собой, можно получить представление об их устойчивости, надежности, достаточном и необходимом объеме.

Вид любого ряда распределения зависит от действия устойчивых факторов и влияния частных. Цель исследования — вскрыть устойчивые тенденции и дать оценку результатов случайных и временных.

При внимательном рассмотрении изменчивости фактических значений иногда обнаруживаются более сложные формы зависимостей. Например, динамический ряд добычи железных руд и производства стали характеризуется не кривой, а кусочно-линейными зависимостями (рис. 15).

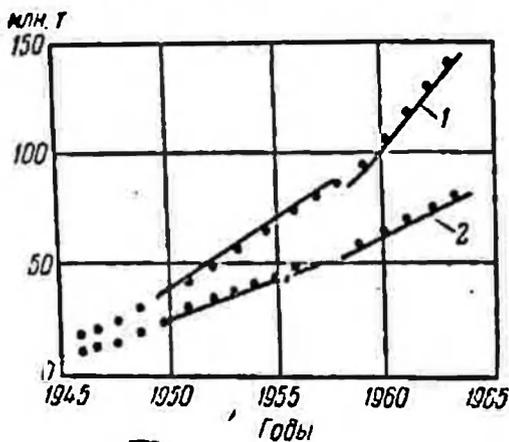


Рис. 15. Кусочно-линейная зависимость (по В. В. Померанцеву):

1 — железные руды; 2 — сталь

Изучение железорудных месторождений показало, что кривые распределения компонентов иногда имеют несколько вершин, которые указывают на наличие нескольких коллективов статистического характера.

Большое значение при изучении месторождений имеет исследование взаимосвязей между признаками методом корреляции.

Аналитическая связь между признаками может быть функциональной и стохастической. Если эта связь зависит от двух и большего числа признаков, то исследования ведут при помощи формул множественной корреляции (двойной, тройной и т. д.). Например, при изучении взаимосвязей между шлакообразующими компонентами.

Устойчивые корреляционные положительные зависимости на железорудных месторождениях отмечают между  $Fe$  и  $TiO_2$ ,  $Fe - V_2O_5$ ,  $TiO_2 - V_2O_5$ . Так как эти связи определяются в основном для коллективов, имеющих одновершинные кривые, то при исследованиях нужно пределы изучения компонентов ограничивать одновершинными кривыми.

Хорошая парная корреляционная зависимость на железорудных месторождениях отмечается между железом, кобальтом и серой ( $r=0,7$ ). Для железных руд устанавливается обратная корреляционная зависимость между содержанием железа и шлакообразующими компонентами ( $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{MgO}$ ), железом и суммой ( $\text{CaO} + \text{MgO}$ ), железом и ( $\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$ ) при  $r=0,8$ . В ряде случаев по содержанию железа в пробе можно определять значения многих компонентов по корреляционным графикам с достаточной точностью для практических расчетов.

При корреляционном анализе вначале строят диаграммы зависимости между компонентами. Графическим способом выявляют форму связи, что позволяет производить вычисления по формулам прямолинейной или криволинейной связи.

## § 22. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ ПО ДАННЫМ РАЗВЕДКИ

При строительстве железного рудника и металлургического завода проектирование обычно осуществляют в нескольких вариантах, для этого требуется исчерпывающая информация. Лучшим информационным материалом являются геометрические графики.

Рассматриваемое месторождение было изучено с помощью скважин и других разведочных выработок по квадратной сетке со стороной 100 м. Месторождение представлено крупными залежами богатых магнетитовых руд среди гранатовых и гранато-пироксенитовых скарнов, образовавшихся за счет изменений туфогенных и известковых пород нижекарстового возраста (рис. 16).

Месторождение сбросом разделено на две части — западную и восточную. Восточное крыло опущено относительно западного. Рудоносная толща имеет гранатовые скарны с различной степенью оруденения, хлоритовые скарны и руды, мрамор и хлоритовые скарны со слабым оруденением, порфириты, покрывающие рудоносную толщу. Рудоносная толща имеет слой россыпных руд с содержанием железа от 20% и выше. Зона окисления проходит до глубины 20—50 м, значительно повторяя поверхность земного релье-

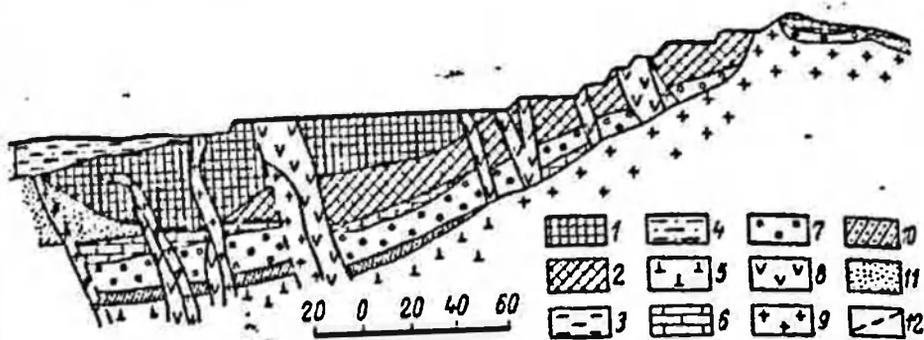


Рис. 16. Геолого-литологическая схема месторождения М.

1 — руды окисленные; 2 — руды первичные; 3 — делювий безрудный; 4 — делювий рудный; 5 — порфириды; 6 — известняки и мрамор; 7 — скарны; 8 — диориты; 9 — граниты; 10 — ачаит; 11 — напосы; 12 — линии сбросов

ефа. Граница серпистых руд проходит ниже зоны выветривания, глубиной от 18 до 70 м. Разрушением и выветриванием верхней зоны образуются россыпи и валунчатые руды.

Месторождение разбито на коренные и россыпные сорта руд. Коренные сорта руд делятся на окисленные и сульфидные; окисленные — на сплошные (твердые, разборные и порошокатые) и на смешанные с твердыми породами, требующие обогащения; сульфидные (первичные) — на богатые, не требующие предварительного обогащения, и на бедные, требующие обогащения. Россыпные сорта руд делятся на массы: железисто-глинистые, железо-глинистые, вязко-глинистые, глинистые и некондиционные, которые направляются в отвал.

Классификация сортов руд предусматривает учет содержания следующих компонентов: железа, серы, фосфора и шлакообразующих.

Геометризацию месторождения П. А. Смольников [31] выполнил в следующем порядке. На основании разведочных работ были построены графики, характеризующие основные свойства рудной залежи: залегающие вскрыши; размещение россыпных руд; форму залегания лежачего бока рудного тела; распространение на месторождении малосерпистых руд; границы окисленной зоны; качественные особенности залежи.

Вначале по данным листа разведки и разведочного журнала составлялся график вскрыши. При этом

на стандартный планшет наносились устья всех разведочных выработок и соответствующие им вертикальные мощности вскрыши, которые позволили с достаточной точностью, пользуясь объемной палеткой П. К. Соболевского, найти объем вскрыши в пределах как всего месторождения, так и контурах любого его участка.

Графики россыпных руд строились аналогично предыдущему. Для построения остальных графиков были тщательно изучены керновый материал и данные опробования.

Для определения промышленных границ распространения руд, выявления изменения вещественного состава, кроме графиков формы, составлялись графики среднего содержания железа и других компонентов, а также графики производительности. Они позволили наиболее правильно оконтуривать части залежи по изолиниям минимального среднего содержания.

Таким образом, внимательный просмотр данных разведочных скважин, изучение геологии и тектоники позволили построить следующие графики: изоглубин рудного тела; изогипс лежачего бока; изомощностей вскрыши; изолиний нижней границы - малосернистой зоны; изомощностей россыпных руд; изоглубин малосернистых руд; среднего содержания железа, полезных, вредных компонентов и производительности.

По совокупности этих графиков легко составили погоризонтные планы и нанесли на них границы всячего и лежачего боков, вскрыши, россыпи, сернистых руд, контуры пустых сопутствующих пород и участки промышленных сортов руд, которые дали ясное представление о всех особенностях месторождения на любом горизонте.

Интересно отметить подтверждение геометрических построений горно-эксплуатационными работами. После вскрытия месторождения проект горных работ несколько раз изменяли. Разведочные скважины бурили по сетке размером  $50 \times 100$  м, был получен новый фактический материал, характеризующий месторождение. Эти новые данные в основном подтвердили выполненную П. А. Смольниковым геометризацию. Границы рудной залежи, намеченные на графиках, и границы работы рудника имеют незначи-

тельное расхождение. В результате переоценок (по новым данным) были только уточнены контуры сортов руд и их качество.

### § 23. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ В СВЯЗИ С ГЕНЕРАЛЬНЫМ ПЕРЕСЧЕТОМ ЗАПАСОВ

В рассматриваемом случае геометризацию проводят по данным разведочных и горно-эксплуатационных выработок.

Месторождение представляет собой крупную залежь магнетитовых руд, которые образовались на контакте туфосланцевой толщи девонского возраста. Толщу прорывает интрузия снейтлов. Длина рудной залежи около 950 м, ширина 200÷500 м, глубина по падению в центре до 900 м и на флангах 120—140 м [11]. Рудное тело имеет сложное геологическое строение, с различными углами падения. Оно нарушено многочисленными сбросами, имеет слоистость и отличается большим изменением содержания железа в руде. До глубины 20 м от поверхности магнетиты окислены. У основания горы имеется значительное количество россыпных (валунчатых) руд мощностью до 11 м. Коренные руды месторождения представлены тремя основными типами: магнетито-гранатовыми (скарновыми); магнетито-полвошпатовыми (ослеплыми); полуокисленными (полумартитовыми). В зависимости от содержания железа, вредных примесей (серы, фосфора) они разделяются на классы. Месторождение разрабатывается карьером и подземными выработками.

Для пересчета запасов и рациональной эксплуатации необходимо изучить: вещественный состав руд; структуру и морфологию рудных тел; границы кондиционных минимумов; горно-эксплуатационные условия месторождения.

Рудная толща этого коренного месторождения характеризуется чрезвычайным непостоянством насыщения ее рудным материалом, а поэтому только часть толщи может представлять промышленный интерес. Основные компоненты распределены в рудном теле крайне неравномерно. Поэтому трудно выделить участки, качественно более или менее однородные.

В процессе контактового метасоматоза, помимо магнетитового оруденения, в отдельных частях месторождения происходило также обогащение руд пиритом и апатитом, вследствие чего одна часть руд, сернистая и фосфористая, требует агломерации для удаления серы и представления в нормальную доменную руду, другая часть — чистая может использоваться при бессемеровском переделе.

Наконец, пострудная тектоника внесла дополнительные осложнения формы и условия залегания рудной толщи и отдельных входящих в ее состав рудных прослоек скарно-магнетитовых руд, неправильной формы тел полевошпатово-скарново-магнетитовых (оспенных) руд. При разведке месторождения из-за этих особенностей потребовалось большое число глубоких скважин колонкового бурения (около 250) и много горных выработок.

На геолого-промышленную оценку месторождения оказывают влияние следующие факторы: соотношение и размещение осадочных, интрузивных и эффузивных пород; характер дорудной тектоники и влияние ее на процессы рудоотложения; сульфидная минерализация; связь дорудной и пострудной тектоники, ее характер и пространственное соотношение отдельных тектонических блоков; степень минерализации рудной толщи, изменения состава рудных тел в пространстве и соотношения рудных и безрудных включений в состав этой толщи; размещение наиболее чистых по сере и фосфору руд (бессемеровских).

В соответствии с этим можно наметить основные направления геометрических работ: геометрическая интерпретация общей структуры месторождения; геометризация отдельных блоков толщи; геометрический анализ и геолого-геометрическое исследование дорудной и пострудной блоковой тектоники; геометрический анализ вопроса о связи оруденений с дорудной тектоникой; геометризация отдельных рудных залегающих, входящих в состав рудной толщи; анализ вопроса о контурах промышленной, подлежащей выемке, рудной толщи; установление необходимых коэффициентов и параметров; установление промышленных контуров рудной толщи и решение вопроса о пределах распространения этих контуров на глубину в отдельных ча-

стях месторождения; геометризация химического состава по железу, сере и фосфору в пределах отдельных рудных залежей, промышленная оценка рудной толщи; анализ изменчивости состава добываемой рудной массы и геометризация валунчатых руд.

Проведение этих работ позволяет: более обоснованно подойти к общей промышленной оценке месторождения, к подсчету разведанных запасов руд; твердо установить границы промышленного оруденения, контуры запасов различных сортов руд; определить изменчивость состава руд в пространстве и выяснить характерные свойства месторождения.

Для геометризации и генерального пересчета запасов были использованы следующие материалы: поверхностные наблюдения и съемки карьера (1:500), данные геологической съемки, зарисовки бортов карьера, данные о нарушениях, разведочная информация по скважинам, замеры кривизны осей скважины, данные опробования и химических анализов и материалы по подземным работам.

Изучение структуры железорудных месторождений потребовало большого числа замеров и зарисовок. Для карьера были применены солнечные компасы, так как использование горных компасов с магнитной стрелкой связано с большими ошибками.

Исходные данные опробования и химических анализов архива требовали контроля и анализа. Наиболее простым способом определения зависимости между значениями основных и контрольных проб является графоаналитический [8].

Для общего представления о пространственном размещении рудных тел, а также для количественной оценки участков и горизонтов используют данные механического колонкового бурения. До составления графиков формы детально изучают паспорта скважины, определяют закономерности их искривления, строят типовые кривые осей зенитных и азимутных искривлений наклонных скважин.

Для геометризации форм залегания изучают материалы архива в следующем порядке: материалы, полученные в результате наблюдений на поверхности земли; геологическую документацию по скважинам и шурфам; документацию по подземным выработкам.

При изучении месторождения на глубине материалы скважин механического бурения являются основными.

При решении вопроса об оптимальных размерах прослоек или рудных пачек применяют метод вариативности. Из-за сложности геологического строения оконтуривание рудных тел по данным скважины (рис. 17) связано с большими трудностями. Поэтому

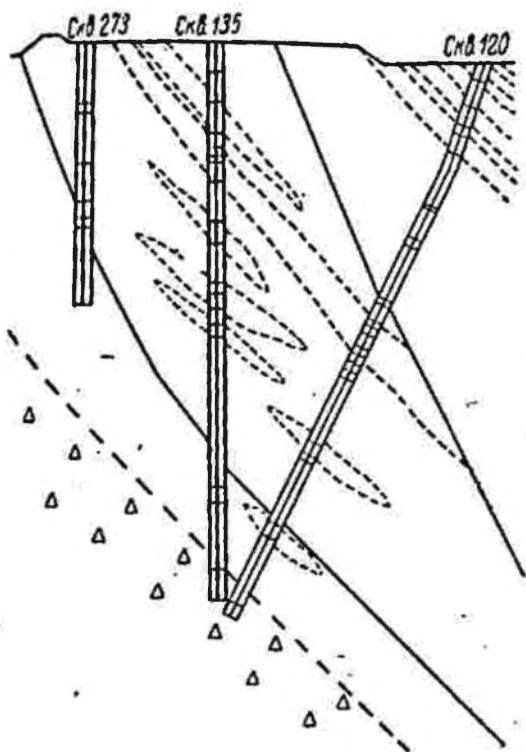


Рис. 17. Оконтуривание рудных тел

вначале строят графики лежащего бока продуктивной толщи и в дальнейшем подчиняют им изображенные отдельные рудные залежи.

Особую сложность представляет построение графиков сместителей. Главнейшие дизъюнктивные нарушения месторождения представляют собой сложную систему смещений разных направлений и углов падения — от  $60$  до  $83^\circ$  (рис. 18). На месторождении многие скважины не находятся в профильных линиях, поэтому при проектировании их обычным способом возможны ошибки.

В скважинах, не находящихся в плоскости про-

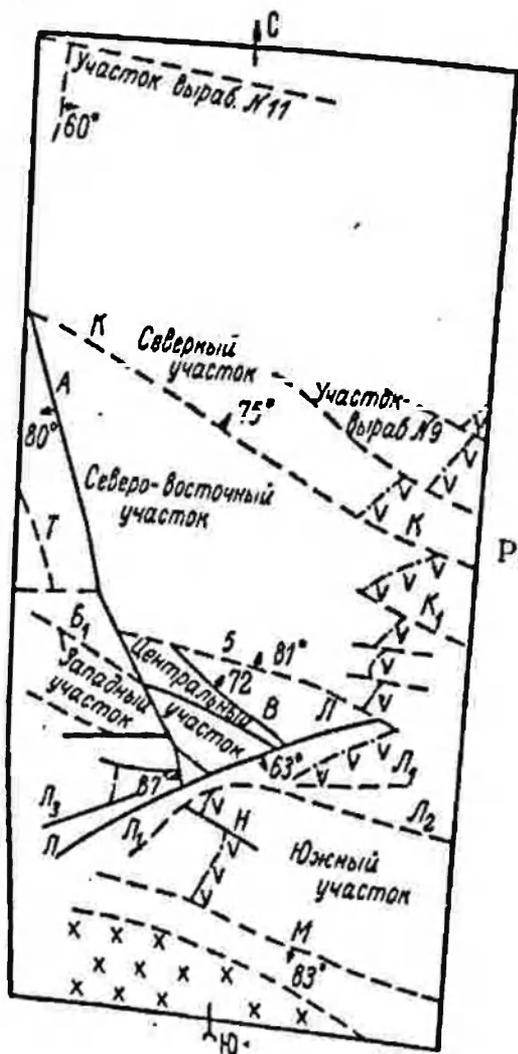


Рис. 18. Схема тектонических нарушений



Рис. 19. Проектирование подсечки залежи скважиной, не находящейся в плоскости профиля, с учетом направления изолиний продуктивной толщи:  
Л — вертикальная скважина; ВС — наклонная; стрелкой обозначено примерное направление изолиний контактовой поверхности продуктивной толщи

фильных линий, учитывают их искривление и вводят поправки за счет проектирования на профильную плоскость согласно рис. 19.

Графические построения показывают, что рудные тела имеют пластообразную форму и прослеживаются на сотни метров по падению и простиранию. На участках интенсивного развития оруденения и вблизи секущих разломов рудные тела имеют линзовидную и неправильную форму. Линзообразные и штокообразные тела пахотятся в согласии с пластообразными залежами (рис. 20).

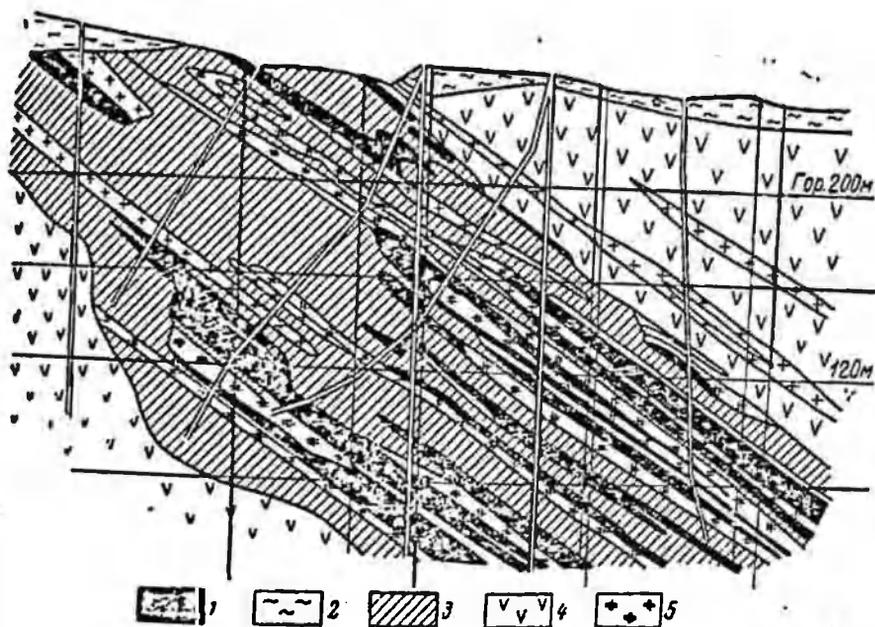


Рис. 20. Геологический разрез

Для качественной характеристики месторождения проводят статистический анализ исходных данных, который позволяет дать промышленно-экономическую оценку участков и месторождения в целом: построить промышленные разрезы с разделением на участки, отвечающие условиям (рис. 21), и составить сортовые планы по горизонтам.

Обобщение рудных прослоек в промышленные пакки осуществляется следующим образом: рудоподобные прослойки объединяют так, чтобы не допускалось существенное разубоживание в объединенной пакке за счет включения пород или бедных руд, не

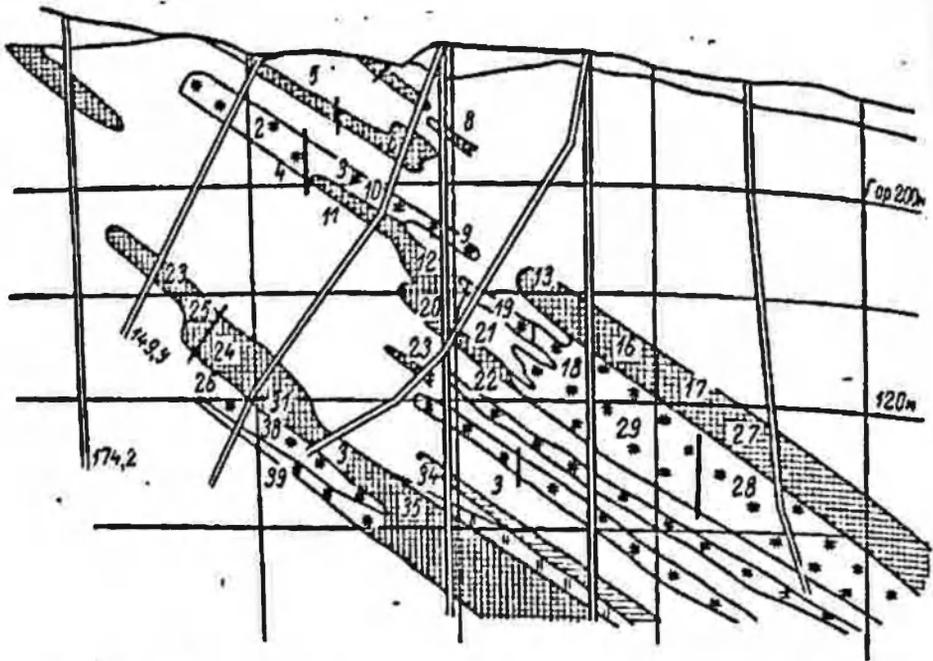


Рис. 21. Промышленные контуры рудных тел на разрезе

уменьшалась бы их мощность и выдерживались бы кондиционные требования.

После составления промышленных разрезов составляют погоризонтные планы. Совместная увязка разрезов и планов окончательно корректирует эти геометрические графики, после чего их можно использовать при подсчете запасов и проектировании горных работ.

В результате корреляционного анализа можно сделать следующие выводы. Объемные веса скарнов и оспенных руд можно определять по формулам корреляционной связи, так как имеется тесная зависимость ( $r = +0,85$ ;  $m_r = 0,01$ ). При этом вначале строят кривые зависимости удельного веса рудной массы от содержания железа, полученные в результате лабораторных определений, а затем по пробным вырубкам вносят поправки — разности между удельным и объемным весами (до 6%, в пределах 10—60% содержания железа).

Химический состав руд очень разнообразен и зависит в основном от минералогического состава.

Корреляционный анализ зависимости содержания железа и другими компонентами показал

для магнетито-гранатовых руд между содержанием; железа и кальция устойчивую обратную зависимость ( $r = -0,92$ ;  $m_r = 0,019$ ); железа и кремнезема — обратную ( $r = -0,91$ ;  $m_r = 0,25$ ); железа и глинозема — тоже обратную ( $r = -0,86$ ;  $m_r = 0,29$ ).

Таким образом, во всех случаях существует устойчивая обратная зависимость, которую можно использовать при технологических расчетах, а также для сокращения количества химических анализов.

Отмечена прямая корреляционная зависимость между содержанием железа и марганца:  $r = +0,60$ ;  $m_r = 0,04$ . С увеличением содержания железа на 1% содержание кремнезема падает на 0,6%, глинозема — на 0,2%, содержание серы с глубиной снижается, а фосфора — повышается.

Подсчет запасов и промышленная оценка месторождения не ограничиваются только данными содержания железа, серы и фосфора. Для общей оценки руд по вспомогательным компонентам в пределах всего месторождения и на его отдельных участках можно определять среднее содержание по формулам корреляционной зависимости.

Геометризация валунчатых руд. Россыпи валунчатых руд обычно сосредоточиваются в пониженной части местности, опоясывающей месторождение коренных руд. Месторождение их представляет собой скопление валунов, мелких обломков и зерен руды, большей частью округлой формы, заключенных в красных, красно-бурых и бурых глинах. Подстилающими породами, как правило, являются разрушенные каолинизированные силикатные породы желтого и красного цвета.

Валунчатые руды представляют собой пластообразные залежи мощностью от нескольких сантиметров до 15—20 м. При этом отмечается резкое снижение мощности по периферии, значительное уменьшение концентрации рудных валунов и зерен. По крупности эти руды могут быть разделены на два класса: мытая руда — размер зерен 3 мм; эфель — размер зерен от 0 до 3 мм. По химическому составу валунчатые руды относятся к богатым по содержанию железа и к чистым — по вредным примесям. После промывки, разделения на классы и обобщения

валунчатые руды могут быть использованы как товарная руда. Их широко применяют в металлургической промышленности.

Руды разведывают шурфами, канавами и скважинами ручного бурения с сеткой  $100 \times 100$  м.

Геометризацию валунчатых руд производят для подсчетов запасов и промышленной оценки. Для наглядного изображения формы залегания валунчатых руд и распределения в этих залежах железа, серы и фосфора строят геометрические графики: лежащего бока; мощности сложной массы; изолиний содержания компонентов; мощности эфелей.

При наличии наносов следует строить график изомощности вскрыши. Техника построения этих графиков проста, как правило, их строят в проекции на горизонтальную плоскость.

Величину сечения выбирают в зависимости от масштаба графиков и изменчивости показателей. Для удобства решений последующих практических задач на всех рассматриваемых графиках следует иметь один масштаб и одно и то же сечение, равное сечению земной топографической поверхности.

#### § 24. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ, ПРЕДСТАВЛЕННОГО КРУПНЫМИ ЗАЛЕЖАМИ ПЛАСТОБРАЗНОЙ ФОРМЫ

Особенности геологического строения месторождения К. Увеличение в общем балансе добываемых руд доли бедных требует дальнейшего изучения их качественных особенностей и геометризации месторождений.

Площадь месторождения К, представленная габбро-пироксенитовым интрузивным комплексом, составляет  $110 \text{ км}^2$ . Пироксениты, слагающие 50% этой площади и вмещающие титаномагнетитовое оруденение, представлены двумя обособленными массивами, из которых восточный вытянут в меридиональном направлении и круто (под углом  $80-85^\circ$ ) падает на восток, а западный несколько вытянут в северо-западном направлении и характеризуется преимущественно пологим ( $25-35^\circ$ ) падением на восток. В пределах пироксенитовых массивов наблюдаются

наибольшие шлировые обособления оливинитов и перидотитов. Преимущественное распространение имеют диаллаговые и в значительно меньшей мере оливиновые пироксениты. Наиболее интенсивное титаномагнетитовое оруденение отмечается в диаллагитах. Кроме того, титаномагнетитовое оруденение имеет место в перидотитах и оливинитах.

Морфологически оруденение в пределах интрузивного комплекса проявлено главным образом в виде вкрапленности и в редких случаях в виде шлировых обособлений и прожилков массивных руд.

Промышленный контур оруденения установлен в соответствии с условиями — бортовым содержанием железа не менее 14% при среднем содержании в пределах контура не менее 16%. Общая площадь оруденения в контурах подсчета запасов составляет 12,2 км<sup>2</sup>. Собственно месторождение К характеризуется сплошным распространением вкрапленных руд (9,3 км<sup>2</sup>), а в пределах месторождения Г выделяется шесть залежей, разделенных безрудными прослойками. Месторождение разведано на глубину в среднем до 160 м. Структурные скважины, пробуренные до глубины 500—600 м, из руд не вышли.

Характерной особенностью является резкий переход от вкрапленных руд к безрудным пироксенитам. Наиболее распространенными типами руд являются средневкрапленные и мелкокрапленные. Минералогический состав руд разнообразен. Рудные минералы представлены главным образом магнетитом и ильменитом; в подчиненном количестве наблюдаются мартит, халькопирит, пирит.

Руды комплекса относятся к типу бедных малотитанистых ванадийсодержащих руд с очень низким содержанием вредных примесей — серы и фосфора. Характерной особенностью руд является высокая основность: соотношение шлакообразующих окислов  $(CaO + MgO) \cdot (SiO_2 + Al_2O_3) = 0,8 \div 0,9$ .

Руды легко обогащаются методом электромагнитной сепарации. Рациональной схемой обогащения является мокрая магнитная сепарация измельченной до 0,2 мм руды и флотация отходов магнитной сепарации для получения концентрата содержащего платины. Из руд с содержанием железа 16—20% получа-

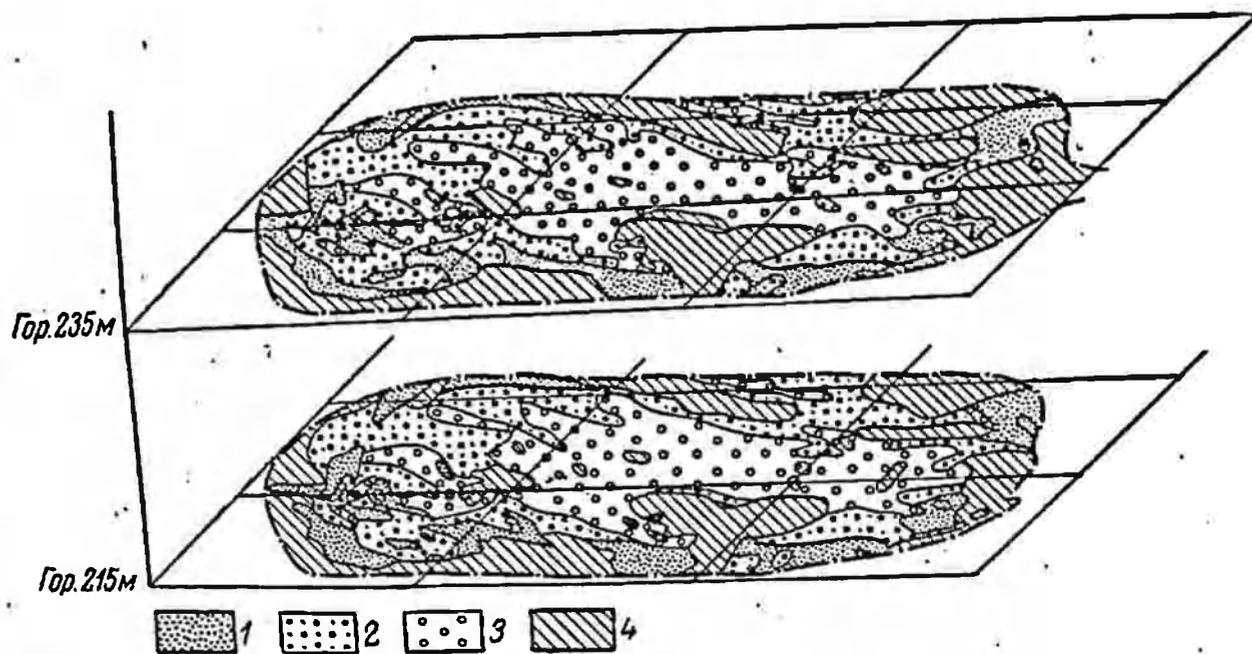
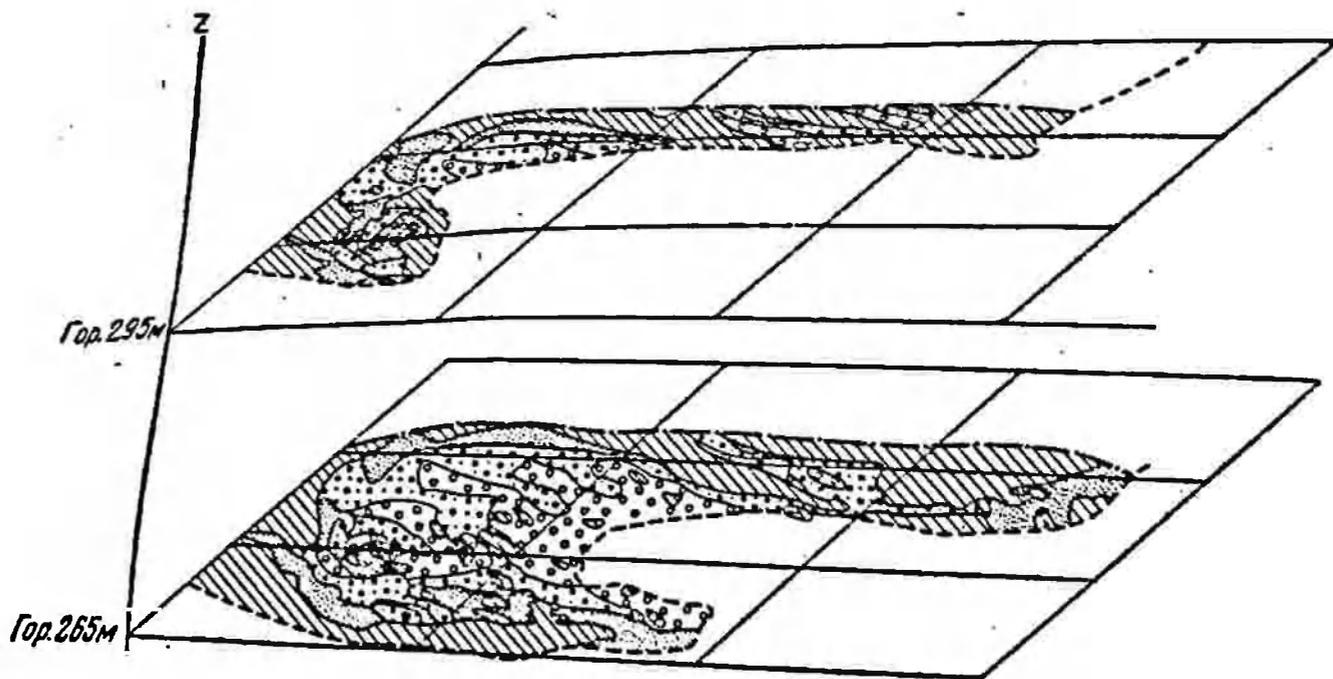


Рис. 22. Распределение типов руд с глубиной в аксонометрической проекции:  
 1 — тонкая дисперсная вкрапленность титаномагнетита; 2 — мелкая вкрапленность титаномагнетита; 3 — крупная вкрапленность титаномагнетита; 4 — безрудные участки

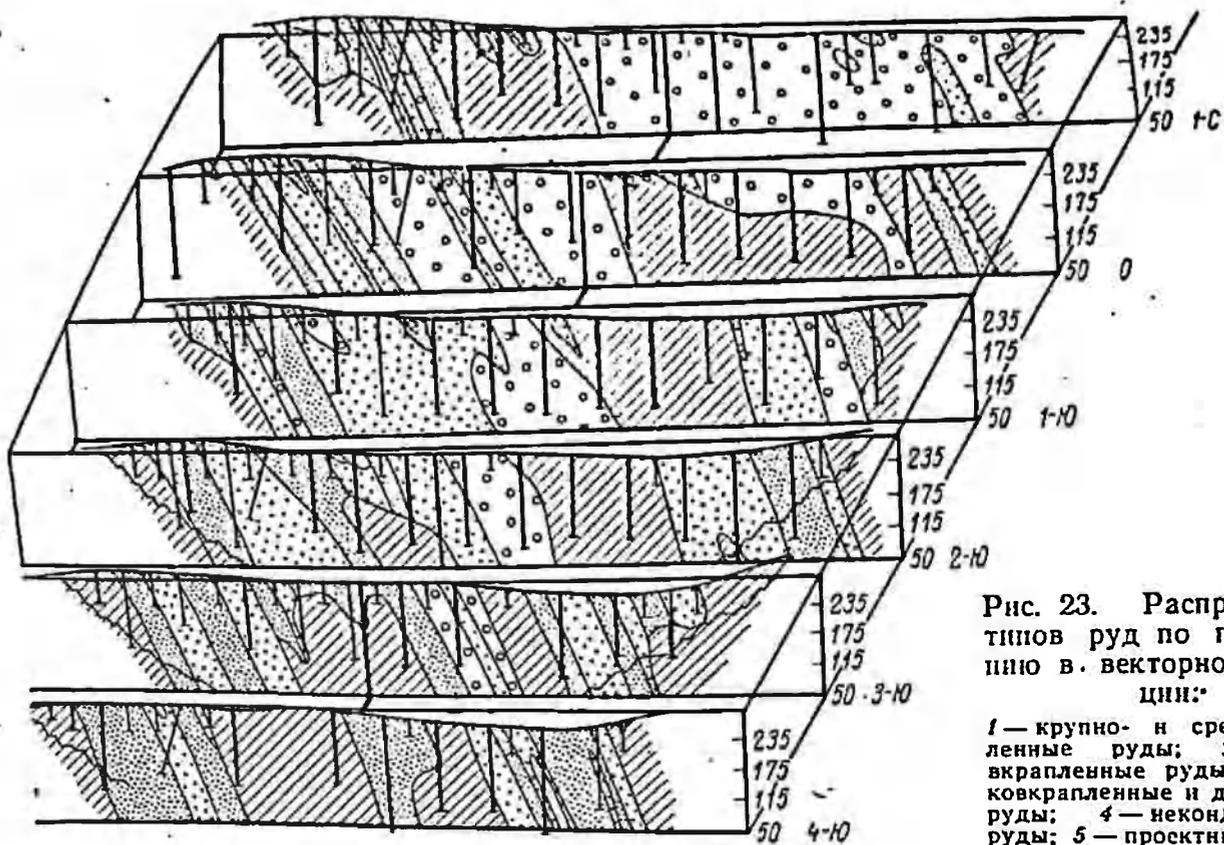
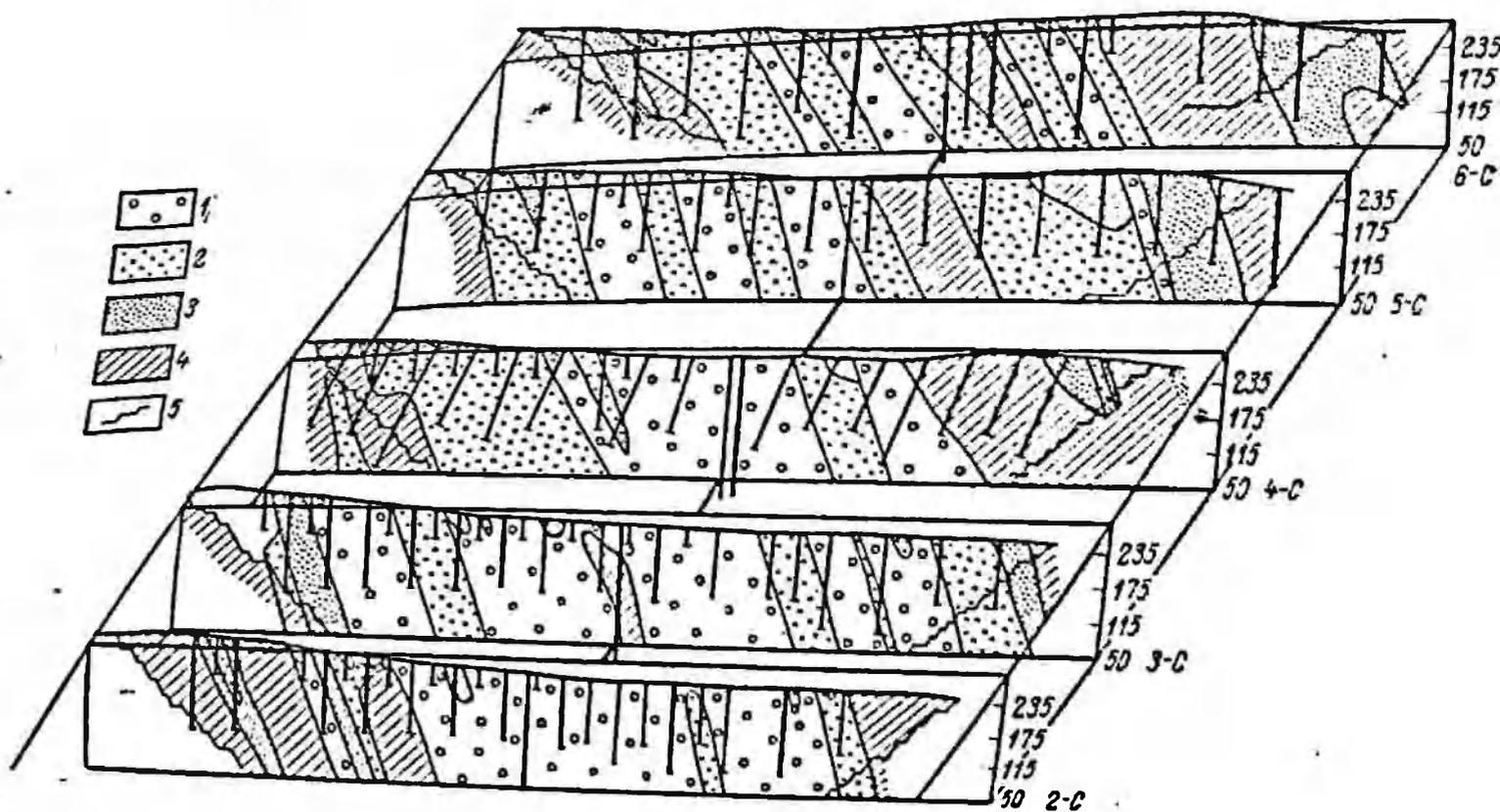


Рис. 23. Распределение типов руд по простиранию в векторной проекции:

1 — крупно- и средневкрапленные руды; 2 — мелко-вкрапленные руды; 3 — тонковкрапленные и дисперсные руды; 4 — некондиционные руды; 5 — проектный контур карьера

ют концентраты, содержащие 50—58% железа. Двухвалентная окись титана и пятиокись ванадия при обогащении переходят в железный концентрат.

Гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения благоприятны для отработки его открытым способом. Обводненность пород небольшая; средняя мощность вскрыши 3—6 м.

Задачи геометризации месторождения. С началом эксплуатации месторождения, а следовательно, и обогащения руд на фабрике было установлено, что выход концентрата и содержание в нем железа зависят не только от содержания железа в руде, но и от размеров вкрапленности зерен титаномагнетита. Кроме того, в зависимости от размеров вкрапленности титаномагнетита и разновидности пироксенитов различают трудно- и легкообогатимые руды.

Характеристика исходных данных. Основными исходными материалами для геометризации на карьере были: данные разведки по скважинам; данные опробования по буровзрывным скважинам на отработанных и действующих уступах; результаты изучения текстурных типов руд; поуступные планы горных работ.

Данные разведки по скважинам представлены: буровыми журналами с результатами опробования на содержание Fe,  $V_2O_5$ ,  $TiO_2$ ; зарисовками колонок разведочных скважин и геологическими разрезами.

Так как руды месторождения являются бедными вкрапленными без четких контактов, разведку проводили вертикальными скважинами глубиной 60—80 м по сетке размером 20×60 м. Взрывные скважины бурят через 8 м на глубину уступа. В результате изучения текстурных типов руд устанавливают контуры их в плане и на вертикальных разрезах.

Отмечается недостаточная представительность полировок при изучении текстурных типов руд.

На основании этих особенностей геологического строения месторождения основным способом геометризации был статистический, в комбинации со способом изолиний из-за исключительных сечений. Существования четких контактов между рудными телами

и вмещающими породами (вкрапленные руды) оказались непригодным.

Геометризация формы залегания залежей. Для изображения формы залегания залежей строят вертикальные разрезы по разведочным линиям в горизонтальном сечении, совпадающим с плоскостью уступов карьера. На вертикальных разрезах и поуступных планах отражают площади текстурных типов руд, структурные особенности и их литологию.

На вертикальных разрезах и поуступных планах показаны различными условными знаками (в границах отработки) некондиционные, дисперсные и тонковкрапленные, мелковкрапленные, крупновкрапленные и средневкрапленные руды.

Вертикальные разрезы и поуступные планы дают наглядное представление о распределении руд различных сортов и позволяют более правильно планировать добычу и усреднение руд.

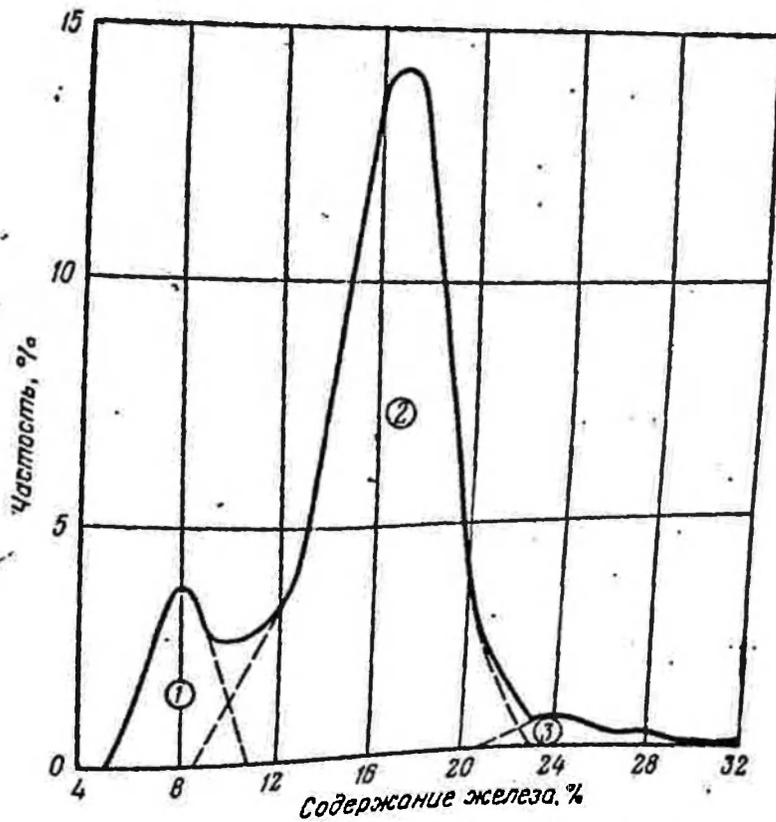


Рис. 24. Распределение содержания железа по данным разведочного опробования колонковых скважин

Для наибольшей наглядности поуступные сечения изображают в аксонометрической проекции (рис. 22), а вертикальные разрезы — в векторной (рис. 23).

Геометризация качественных свойств руды. Геометризация качественных свойств руды месторождения была выполнена методом математического моделирования [1].

На основании математической обработки химических анализов строят кривые распределения частот проб по содержанию Fe и  $TiO_2$ . Кривые распределения частот являются полимодальными.

Участок 1 кривой (рис. 24), представленный коллективом проб с модальным содержанием железа 8% и частотой модального значения 3,5%, может быть отнесен к забалансовым рудам. Участок 2, основной сорт, с модальным содержанием железа 17% и частотой 14,1%. Участок 3 кривой с модальным содержанием железа равным 24% и частотой 0,7%, относится к наиболее богатым рудам.

Аналогично по кривой распределения  $V_2O_5$  участок 1 кривой имеет модальное значение 0,04% и

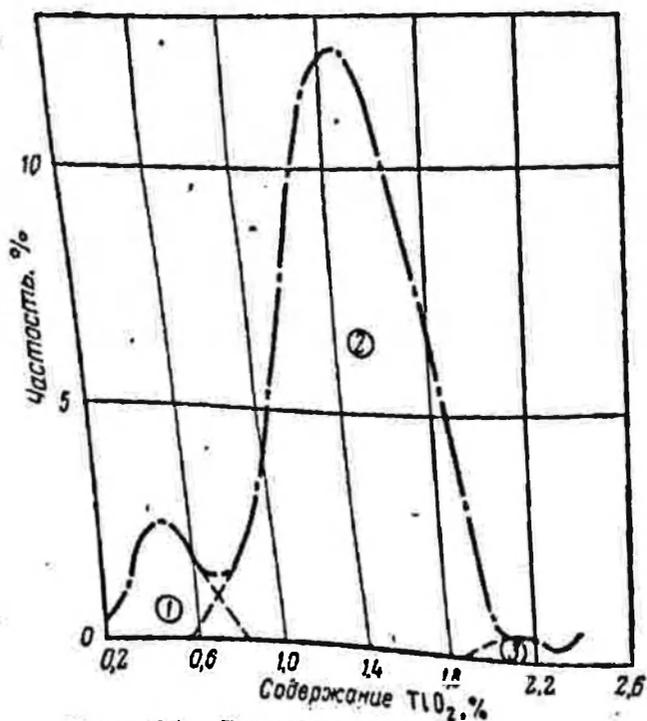


Рис. 25. Распределение содержания  $TiO_2$  в рудах

частоту модального значения 2,1%; участок 2 имеет модальное значение 0,12% и частоту 13,2%. По кривой распределения  $TiO_2$  (рис. 25) имеем: первое модальное значение 0,5% с частотой 2,3%; второе модальное значение 1,5% с частотой 12,2%; третье модальное значение 2,1% с частотой 0,5%.

По величине площади, занимаемой под кривой распределения каждого сорта, можно определить их объемное соотношение, а зная запасы руды, представленные этим коллективом проб, можно легко определить их весовое значение. Кривые могут быть с успехом использованы при проектировании и эксплуатации обогатительных фабрик.

Кривые распределения частот в направлении простирания и с глубиной. Для характеристики изменения соотношения отдельных сортов балансовых и забалансовых руд строят кривые распределения частот проб по содержанию железа,  $V_2O_5$ ,  $TiO_2$  по простиранию месторождения и с глубиной.

Кривые распределения частот проб по содержанию железа,  $V_2O_5$  и  $TiO_2$  по простиранию строят по участкам месторождения в пределах между разведочными линиями на всю глубину отработки. Кривые распределения частот проб по содержанию железа,  $V_2O_5$  и  $TiO_2$  с глубиной строят для каждого горизонтального слоя толщиной 30 м. По построенным кривым видно, как изменяется соотношение отдельных сортов руд с глубиной. Кривые также позволяют решить вопрос о экономически целесообразной отработке руд отдельных участков.

Анализ корреляционной зависимости между отдельными показателями месторождения. Используя имеющиеся в ГРО данные химических анализов на содержание компонентов и результаты опробования обогатительной фабрики, проводят корреляционный анализ и находят парные и многофакторные зависимости: среднего значения диаметра вкрапленности титаномагнетитовых зерен от значения сортов руды; диаметра зерен от содержания железа магнитного; содержания железа общего от выхода концентрата из руды; содержания железа в руде от среднего диаметра вкрапленности титаномаг-

етита; содержания железа в концентрате от значения среднего диаметра вкрапленности титаномагнетита в руде; объемного веса, содержания железа от пористости; объемного веса руды от содержания железа и среднего диаметра куска руды; объемного веса концентрата от содержания железа в нем, уплотненности концентрата от влажности.

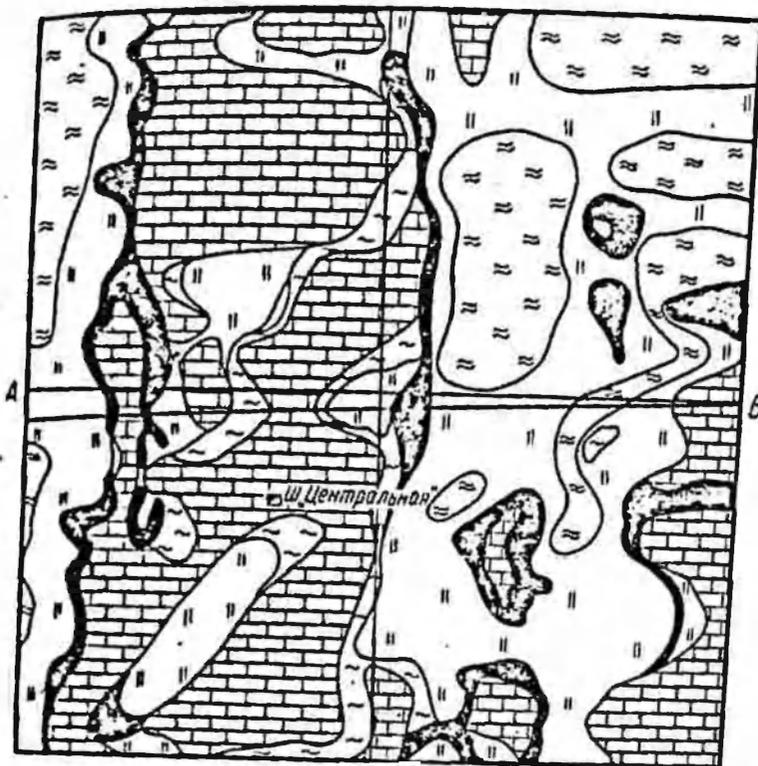
Результаты вычисления корреляционной зависимости показывают огромные возможности применения данного метода для наиболее рационального решения вопросов при добыче и обогащении руд.

### § 25. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЖЕЛЕЗОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ НЕБОЛЬШИМИ ЗАЛЕЖАМИ НЕПРАВИЛЬНОЙ ФОРМЫ

Геологическое строение района месторождения А характеризуется развитием палеозойских и мезо-кайнозойских пород. В пределах площади развития нижнекаменноугольных осадочных отложений визейского яруса породы представлены главным образом известняками и доломитами. Палеозойские отложения вытянуты в меридиональном направлении полосой, имеющей ширину от 0,5 до 5—6 км, и сложены дислоцированы. Мезозойские отложения сложены двумя толщами: беликовой в нижней части и бирюзовой в верхней. Они залегают на сильно размытой и закарстованной поверхности карбонатных пород (рис. 26).

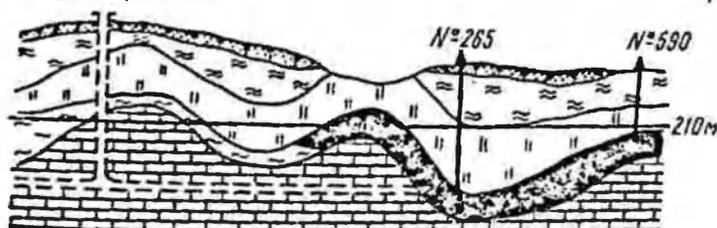
Беликовая толща представлена комплексом кремнисто-кварцевых пород с песчано-глинистым цементом. К низам беликов, к зоне, пограничной с подстилающими карбонатными породами, приурочены пластообразные залежи руд инфильтрационно-метасоматического и частью осадочного генезиса, подчиненных основным элементам рельефа палеозойского фундамента. Бирюзовая толща представлена в основном глинистыми и песчано-глинистыми осадками и песчано-галечными слоями.

Граница зоны оруденения на месторождениях устанапливается по содержанию железа 20%. Рудные тела имеют форму пластообразующих залежей переменной площади, включенных в состав нижней части беликовой свиты и подчиненных рельефу карбонат-



Центральная

1:4000



1:2000

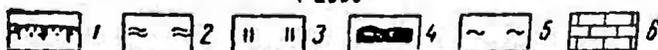


Рис. 26. Геологический план горизонта +210 м и разрез по линии АВ;

1 — песок; 2 — буровая глина; 3 — белковая железа; 4 — бурый железняк; 5 — глины; 6 — известняки

ных пород. Общая мощность оруденения изменяется от 0,5 до 70 м. Непрерывная протяженность рудных залежей в целом прослежена на расстоянии около 7÷10 км. Вкост простирания рудные залежи непрерывно прослеживаются на 0,5—1 км.

Выделяют два основных типа руд: гидротитовые, слагающие верхние горизонты месторождений и расположенные выше уровня грунтовых вод; стриговит-

гидрогётитовые, состоящие в основном из гидрогётита с примесью стриговита; эти руды слагают нижние горизонты месторождений и расположены ниже уровня грунтовых вод.

По содержанию железа в каждом из указанных типов выделяют три сорта руд: I — 30% железа и более; II — от 30 до 36 % железа; III — от 20 до 30% железа.

По физическим свойствам в каждом из трех сортов гидрогётитовых руд выделяют два типа — плотные и рыхлые (руды в глинах).

Содержание железа в рудах изменяется от 20 до 58%; среднее содержание в балансовых рудах составляет 41,8%. Содержание кремнезема изменяется от 2 до 60% при среднем его содержании в балансовых рудах 21%. Содержание серы колеблется от 0 до 0,27%. Содержание фосфора от 0,16 до 0,19%.

Гидрогеологические условия месторождений района весьма сложны из-за значительной закарстованности и трещиноватости рудовмещающих пород, вследствие чего эксплуатационные выработки сильно обводнены. При разработке месторождений возможны внезапные прорывы речных вод в горные выработки, особенно в зоне контакта нижнего и среднего карбона. Эксплуатация месторождений ведется преимущественно подземным способом.

Для характеристики месторождения и участков производят математическую обработку данных замеров мощностей и анализов на содержание железа, кремнезема, серы и фосфора. В результате математической обработки составляют сводную таблицу числовых характеристик по каждому показателю.

Используя результаты математической обработки, строят кривые распределения частот по классам каждого показателя.

Для выявления корреляционной зависимости между указанными показателями проводят анализ и устанавливают формулы зависимости.

Особенности геометризации. Учитывая особенности геологического строения месторождения и имеющиеся трудности при планировании горных работ и эксплуатации, геометризацию формы залегания и качественных свойств месторождений данной груп-

ны целесообразно осуществлять методом вертикальных и горизонтальных сечений в комбинации с методом изолиний. Поэтому для характеристики формы залегания необходимо строить графики: гипсометрический, лежащего бока рудных залежей; вертикальные геологические разрезы; погоризонтные горногеологические. Все эти графики строятся по всем имеющимся материалам, полученным при разведке и эксплуатации. В зависимости от стадии освоения месторождения, а следовательно, и от характера исходных данных, точность построения графиков и назначение их будут различными.

Гипсометрический план лежащего бока залежей. Лежащим боком залежей является сложная поверхность известняков. Для ее построения в изогипсах используют все имеющиеся отметки подсечения залежи скважинами и горными выработками. Изображение этой поверхности начинается с наиболее изученных участков.

Величину сечения принимают ориентировочно с учетом степени изученности и сложности этой поверхности по отработанным участкам залежи через 5 м и по данным разведки скважин через 10 м.

Так как рельеф поверхности подстилающих известняков изображают по всей площади, а рудные залежи не имеют сплошного распространения, то площади распространения их на гипсометрическом плане закрашивают условным цветом.

Гипсометрический график лежащего бока залежей дает наглядное представление о поверхности подстилающей залежи, по нему выявляются имеющие закономерности ее формы, он служит для проектирования горных работ, планирования и наиболее рациональной дальнейшей разведки и эксплуатации месторождения.

Вертикальные геологические разрезы. Для характеристики формы и условий залегания рудных залежей в вертикальной плоскости строят вертикальные геологические разрезы по разведочным линиям. При наличии горных работ все данные по документации в горных выработках должны использоваться в первую очередь.

Погоризонтные горно-геологические

графики. Для характеристики формы и условий залегания рудных залежей в горизонтальных плоскостях составляют погоризонтные горно-геологические графики.

На каждом погоризонтном графике показывают горные и разведочные выработки, относящиеся к этой плоскости. На основе имеющихся данных по горизонту, а также используя гипсометрический график лежащего бока и вертикальные разрезы, строят погоризонтные геологические планы. На этих планах проводят контуры распространения рудных залежей и пород в данном горизонтальном сечении и закрашивают различными цветами согласно условным обозначениям.

Качественные планы. Ввиду того что рудные залежи месторождений имеют сложную форму залегания, не имеют сплошности в оруденении, а площади оруденения незначительные, геометризация качественных свойств методом изолиний не рациональна. Наиболее целесообразным способом отображения качественных особенностей залежей является построение графиков сортности в фоновом изображении на уже построенных вертикальных и горизонтальных разрезах. На основе данных опробования содержания железа и вредных примесей на геологических разрезах и погоризонтных планах условными знаками можно показать сорта руд и их качество.

Для более наглядного пространственного представления о форме и условиях залегания залежей погоризонтные горно-геологические планы изображают в аксонометрической проекции. Вертикальные разрезы можно изображать в векторной проекции.

## Глава V

### ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Для золоторудных месторождений характерна чрезвычайная неравномерность размещения металла в рудах и концентрация его в отдельных частях рудных тел с образованием «столбов», «гнезд» и «кустов».

В результате недостаточного изучения месторождений и анализа всех данных может произойти: неправильная оценка новых горизонтов и срыв производственных планов; несоответствие промышленных категорий запасов действительным даже при очень густой сети опробования в подготовительных выработках.

При крайне неравномерном распределении металла в жилах оценка запасов, сделанная только по данным буровой разведки и опробования руд нижних штреков, оказывается недостаточной и не позволяет выявить направление минерализации. Значительно увеличить плотность разведки на глубоких горизонтах невозможно по экономическим соображениям, так как каждая скважина глубиной 300—500 м обходится в десятки тысяч рублей. Проведение каждой новой горной выработки должно быть обосновано, так как проведение 1 м подготовительной выработки стоит 230 руб. К сожалению, до сих пор коэффициент отработки остается низким (проводится еще много «бросовых» и малоэффективных выработок).

Слабая изученность тектоники и трещиноватости месторождения всегда отрицательно влияет на рит-

мичность горных работ. Недостаточное внимание к нарушениям пород при проведении капитальных работ приводит к большим расходам. Все еще имеются значительные потери металла, что неоднократно подтверждалось при выпуске пород из разрушенных подмежкамерных целиков. Пренебрежение к фондовым материалам, как правило, увеличивает затраты на разведку.

Детальное изучение многообразия типов золоторудных месторождений и условий локализации оруденения приводят к выявлению потенциальных возможностей этих месторождений и увеличению запасов уже эксплуатируемых участков. Для этого необходимо параллельно с геологическими исследованиями и на основе их проводить горно-геометрический анализ [6, 10, 17].

#### § 26. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕТОДИКУ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

В геологической литературе рассматривается немало месторождений, в которых локализация оруденения контролируется определенными структурными особенностями рудных тел и вещественным составом вмещающихся образований, а локализация металла является сложной функцией многих переменных.

Геометрический анализ золоторудных месторождений, сложных по форме и невыдержанных по содержанию, основан на допущении закономерных движений гидротермальных растворов снизу вверх; на учете условий, благоприятных и неблагоприятных для минерализации, а также на закономерной миграции элементов сверху вниз. Тщательное изучение геологической обстановки в пределах верхних горизонтов и определение участков минерализации, увязка столбов и гнезд оруденения со структурно-морфологическими особенностями месторождений и составом вмещающих пород дает возможность отображать на геометрических графиках природные особенности месторождения, вскрывать закономерности размещения металла и правильно оценивать новые горизонты. Исследования сводятся к следующему: изучению зоны вторичного обогащения; нахождению пересечений рудных и безрудных трещин; изображению морфологических



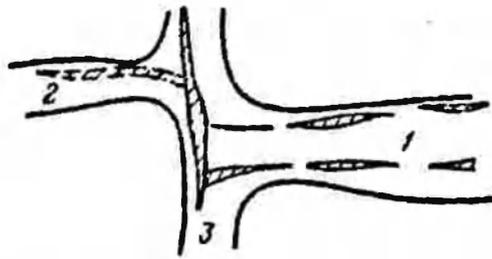
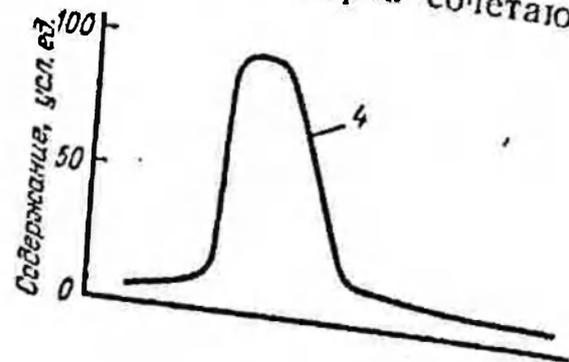


Рис. 28. Характер зависимости содержания золота на контакте (по П. П. Жолобову):  
1 — гранит; 2 — зона выщелачивания; 3 — кварцево-сульфидные жилы; 4 — кривая среднего содержания золота

тектоническими подвижками. Поэтому формирование золоторудных месторождений характеризуется многостадийностью и пульсацией.

При промышленной оценке месторождений основное внимание обращается не на отдельные фазы, а на совокупность факторов, оказывающих влияние на оруденение. Давно известна приуроченность обогащенных участков руды к тем или иным морфологическим особенностям жил. Однако установить зависимость минерализации от морфологических особенностей жил намного сложнее, чем это иногда представляется. Для этого необходимо выявлять приуроченность оруденения к осям складок не по общим описаниям, а на основании геометрических данных построенных с использованием всех фактических данных. Несмотря на то что рудные столбы в некоторых месторождениях имеют определенную связь с осями складок и металл скапливается в участках перегибов, обращенных выпуклостями вверх, связь эта не всегда четко проявляется и требует всесторонней изученности.

На многих месторождениях оруденение приурочено

к контактам и к определенным вмещающим породам. Следовательно, при геометризации важно обращать внимание и на эти особенности месторождений. Мощность в различных точках золоторудных жил не остается постоянной, поэтому для обслуживания рудников можно иметь представление об этих изменениях и изобразить их графически.

В некоторых месторождениях ореолы оруденения входят во взаимосвязи с литологическим составом пород, в окружности гранитных пятен. Исходя из этого для выявления наиболее продуктивных участков вначале необходимо строить структурные графики на уже отработанных участках, по которым имеется много фактического материала. Затем следует нанести на них оси складок, линии нарушения, линии пересечения жил, границы литологического состава пород, контуры пережимов, направления максимальной трещиноватости. В пределах образованных структурно-тектонических блоков статистическим методом определяют средние показатели качественных особенностей месторождений, дают общую качественную оценку месторождения, проводят инвариантные линии. Только после этого в изолиниях изображают количественные и качественные особенности месторождения.

Учитывая, что морфологические особенности могут быть установлены наиболее надежно, вначале строят графики форм залегания жил и литологического состава пород. Самым сложным является изображение качественных особенностей месторождений. Поэтому такие графики составляют в последнюю очередь.

Исследование вначале морфологических и структурных, а затем качественных особенностей позволяет выявлять закономерности размещения металла в месторождении и делать графические прогнозы на новые горизонты [6].

Основные предпосылки к геометризации месторождений. Геометризация золоторудных месторождений возможна только на основе внимательного изучения геологии и учета элементов залегания жил, линз и их морфологии; трещиноватости пород (трещины скалывания и разрыва); взаимного пересечения трещин, их геометрического расположения; литологического состава вмещающих пород; зон окислений;

шающих пород, непосредственно и косвенно влияющие на локализацию полезного ископаемого; механические свойства пород; рудных и безрудных интервалов; кулисообразных линз и пространственного их расположения.

Пространственное расположение золота внутри жил зависит от многих одновременно действующих природных факторов. В результате тектонических воздействий образуются различные по форме и размерам складки, трещины и зоны разломов. При изучении структур гидротермальных месторождений очень важно учитывать движения рудоносных растворов. Многие исследователи, изучающие золоторудные месторождения, отмечают, что в общем случае наибольшая трещиноватость и проницаемость жил возникает в осевых частях складок и наименьшая — на их крыльях. В складчатых структурах наблюдается закономерное размещение руд, тяготеющих к антиклиналям, реже — к синклиналям. В брахисинклинальных участках преимущественное значение имеет купольная часть складок. В мелких складках появляются точечные, линзообразные, изогнутые и быстро выклинивающиеся рудные тела.

Разветвления и соединения рудных жил по простиранию и падению наблюдаются очень часто. Последующие смещения способствуют развитию зон вторичного обогащения. Наоборот, простая плитообразная форма жил и их большая мощность неблагоприятны для вторичного обогащения; малая мощность жил или смена ее, сложная морфология, разветвления и апофизы оказываются самыми благоприятными. Поэтому так важно на графиках фиксировать места соединений апофиз с жилами (рис. 29).

Для выявления наиболее продуктивных участков жил прежде всего строят структурные графики с нанесением на них осей складок, разломов, даек, линий нарушений, данных о литологическом составе, границ пережимов и направлений мелкой трещиноватости. В пределах образовавшихся блоков намечают точки, характеризующие качественные особенности месторождения. По методу площадного сглаживания определяют средние групповые значения содержания компонента и проводят инвариантные линии.

Внимательное изучение литологических и структурных особенностей позволяет в пределах каждого блока проводить изолинии, отражающие качественные особенности полезного ископаемого.

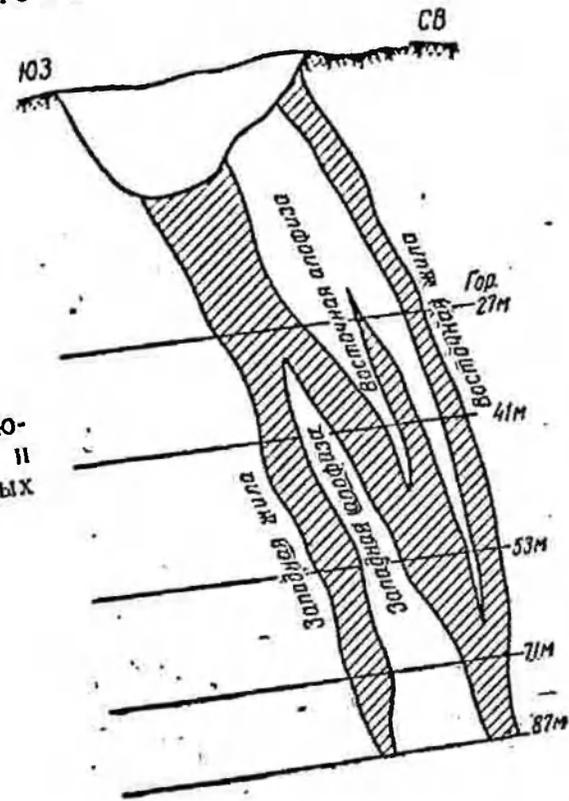


Рис. 29. Разрез, показывающий расположение жил и апофиз в золоторудных месторождениях

Одной из главных задач при исследовании золоторудных месторождений является установление связи между их структурными и качественными особенностями (рис. 30).

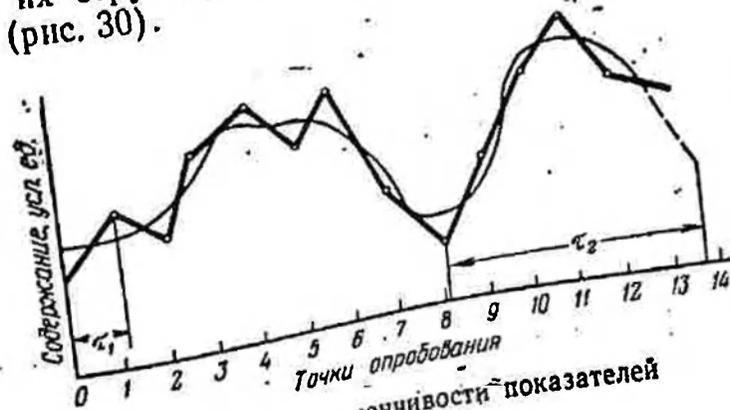


Рис. 30. Периоды изменчивости показателей

## § 27. МЕТОДЫ НАГЛЯДНОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ ФОРМ ЗАЛЕГАНИЯ И КАЧЕСТВЕННЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Для геометризации месторождений золота могут быть рекомендованы следующие способы: горизонтальных и вертикальных сечений; объемных графиков; моделирования изолиний; иногда сочетания этих способов.

Большое значение имеет удачный выбор плоскости проектирования рудных тел, который должен осуществляться с учетом минимального искажения.

Широко применяют способ горизонтальных и вертикальных сечений, однако этот способ дает лучшие результаты в том случае, когда большое количество исходных данных приурочено к определенным плоскостям, например к разведочным линиям или горизонтам.

Особенности месторождений и горных выработок можно изображать и с помощью объемных графиков или моделирования. Объемные графики с успехом используют как блок-диаграммы в сложных узлах рудных жил для выявления общих направлений минерализации металла и решения многих горнотехнических задач на месторождениях с развитой системой горных выработок. При тектонических нарушениях в рудных полях с большим количеством одновременно разрабатываемых жил для рационального проектирования и проведения капитальных выработок целесообразно строить модели из органического стекла.

Из графических способов универсальным является способ изолиний, который дает возможность изображать внутренние и внешние особенности полезного ископаемого. Построение качественных геометрических графиков по способу изолиний для невыдержанных месторождений золота и цветных металлов иногда отрицают на том основании, что этот способ основан на функциональной зависимости между координатными пространственными точками. При этом допускается, что любое самое малое сдвижение в пространстве вызывает незначительное изменение свойства, т. е. искомая функция имеет производные по крайней мере первого порядка [26].

Разведочные и эксплуатационные данные о залежах являются случайными величинами, поэтому невозможно изображать на графиках совокупность индивидуальных показателей как функциональные поверхности, даже в случае изображения мощности жил. Следовательно, геометрические графики нужно строить по групповым отметкам, которые дают представление об изменениях с периодом  $\tau_2$ . При этом в зависимости от количества исходных данных изопографические поверхности с большей или меньшей степенью приближаются к вероятным значениям (см. рис. 30).

Точность построения зависит прежде всего от достаточного изучения месторождения и учета всех факторов.

При решении практических задач разведки и эксплуатации, а также при выяснении закономерностей размещения металла в рудном теле не обязательно детально изображать все скачкообразные изменения показателей. Здесь важно отразить локальные и общие изменения. Ввиду существенных изменений показателей в различных породах и сортах руд графические поверхности необходимо строить с учетом этого, следовательно, прежде всего необходимо выявлять участки с однородными внутренними свойствами и участки, не имеющие разрывов сплошности.

В результате усреднения скачкообразные колебания характеристик исчезают и получаются значения с изменчивостью, соответствующей показателям II и III групп шкалы ГКЗ. Закономерности распределения в этих участках, установленные по большому числу данных опробования в очистных выработках трех или четырех горизонтов, могут распространяться на один, очень редко на два новых горизонта. Это позволяет делать некоторые выводы и давать оценку соседним нижележащим горизонтам.

Исходные данные и их обработка. Для успешного проведения геометризации месторождений золота используют съемку, разведку, химические анализы и другие данные, накопленные за все время изучения и разработки месторождения. Но систематизация и обработка этого большого фактического материала возможны только при разработанной методике.

Наибольшее внимание обращается на структурно-морфологические особенности, сортность руд и правдивость опробования. Во многих случаях рекомендуется составлять листы разведки, в которых концентрируются все сведения о месторождении. Используются также блоковые карточки и таблицы статистических средних.

При определении эксплуатационных показателей возникает вопрос определять ли их по среднеарифметическим значениям или по средневзвешенным (с учетом мощности жил). Исследования инж. В. Н. Высоковских показали, что среднее по блокам и взвешенные по мощности отличаются на  $\pm 3\%$ , однако времени для определения среднеарифметических значений требуется в 10—15 раз меньше.

Контроль надежности опробования возможен с помощью графоаналитических вычислений с использованием корреляционной решетки. Это дает достаточную точность и требует минимума времени.

Если одни и те же участки месторождения исследованы различными способами разведки, то предпочтение отдается данным, полученным по выработкам, имеющим большую представительность. Совместный учет геометрических и геологических особенностей и систематизация их позволяют строить наиболее ценные и точные горно-геометрические графики.

Сглаживание опытных данных. Построение кривых распределения содержания золота вдоль по горным выработкам в сочетании с колонками литологического состава помогает устанавливать зависимость экстремальных значений металла от состава вмещающих пород.

Качественные данные золотых и полиметаллических месторождений обычно имеют резкие индивидуальные колебания со значительными отклонениями от среднего в равной мере со знаком плюс и минус. Одновременно отмечаются локальные и общие изменения содержания компонентов. На рис. 30 показаны общие колебания с периодами  $t_2$  и скачкообразные индивидуальные с амплитудой  $t_1$ . Изучение этих колебаний, выявление минимумов, определение взаимосвязи экстремумов и литологического состава пород дает возможность в первом приближении судить о размеще-

нии металла в месторождении как по простиранию, так и по падению.

В результате сглаживания значений мощности и содержания по подготовительным и очистным горным выработкам исчезают скачкообразные колебания показателей. Вместо них получается разреженная сеть средних групповых отметок, отображающих основные изменения качественных показателей в отдельных участках месторождения. По этим отметкам можно построить поверхности, которые можно с успехом использовать для выявления закономерностей оруденения и решения многих практических задач.

Однако при нахождении средних групповых отметок нельзя формально придерживаться «площадной» сетки. Не следует, например, объединять пробы различных структурно-тектонических блоков и участков, имеющих различный вещественный состав. Необходимо учитывать и исключительные пробы.

## § 28. ГЕОМЕТРИЧЕСКИЕ ГРАФИКИ

Горно-геометрические работы необходимо проводить в такой последовательности: изучить геологические особенности месторождения; систематизировать и обработать исходные данные; построить графики поверхности контакта, формы залегания рудных жил и сместителей; определить линии пересечения рудных и безрудных жил и трещин смещения, нанести контуры пережимов жил; построить планы литологического состава вмещающих пород; вычислить средние характеристики; построить кривые изменения распределения металла по простиранию и с глубиной и нанести промышленные границы; исследовать структурно-геологические блоки; установить корреляционные зависимости; определить усредненное значение показателей и инвариантные линии; построить качественные графики; выявить закономерности оруденения; осуществить графическое прогнозирование; оценить промышленные запасы новых горизонтов.

При геометризации вышележащих горизонтов золоторудных месторождений всегда достаточно точно могут быть изображены структурные и морфологические особенности жил. Изучение этих характеристик

позволяет сделать вывод о возможности экстраполяции форм залегания на соседние участки на глубину до двух эксплуатационных горизонтов.

При окомтуривании структурных блоков на графиках и проведении изолиний содержания по групповым отметкам выявляют благоприятную и неблагоприятную обстановку рудных столбов, определяют экранизирующие значения трещин и влияние вторичного обогащения и т. д. В пределах столбов оруденения детально изучают гнезда оруденения.

В большинстве случаев экстремальные точки находят на пересечении двух систем трещин. Внимательное изучение их на верхних горизонтах помогает установить приблизительное расположение обогащенных зон на нижних смежных участках.

Графики контактовой поверхности. Часто жилы коренных месторождений золота генетически связаны с кислыми породами и размещаются в них. В некоторых месторождениях отмечается, что рудные жилы залегают только в гранитах, а в змеевиках они отсутствуют. Куполы депрессии при этом характеризуются наиболее интенсивным оруденением, а вмещающие пород оказываются непромышленными, что заставляет считать контактовую поверхность таких массивов структурной границей промышленного оруденения.

Однако контактовые поверхности интрузивов трудно изображать на графиках, так как они очень неправильны, осложнены выпуклостями и вдавленностями. Только разделение этих поверхностей на части, которые можно принять за изопографические, и вычерчивание каждой из них изолиниями разного цвета позволяет достаточно наглядно и точно изобразить контактовую поверхность на графиках.

Совместное рассмотрение контактовой поверхности с графиками форм залегания дает возможность определять пересечения изолиний этих поверхностей, т. е. находить границу промышленной части купола интрузии, а это обеспечивает рациональное проведение разведочных и подготовительных выработок.

Графики сместителей. Наиболее высокое содержание золота наблюдается вблизи сопряжения жил с тектоническими нарушениями. Нередко обога-

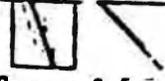
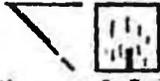
	+	-		+	-
1	<p><b>Мощность</b></p>  <p>Малая мощность жилы или 2-3 параллельные жильки</p>	<p><b>Жилы</b></p>  <p>Большая мощность жилы</p>	6	<p><b>Складчатость жилы</b></p>  <p>Синклиналь, забой по дну синклинали</p>	 <p>Антиклиналь, забой по своду антиклинали</p>
2	<p><b>Изменение мощности</b></p>  <p>Резкое уменьшение мощности по падению</p>	 <p>Резков увеличение мощности по падению</p>	7	<p><b>Соединение жилы</b></p>  <p>Соединение жил близ по падению (вилка вверх)</p>	 <p>Разветвление жил близ по падению (вилка вниз)</p>
3	<p><b>Морфология жилы</b></p>  <p>Ветвящаяся с апофизами</p>	 <p>Плитообразная</p>	8	<p><b>Пересечение жил</b></p>  <p>Забой по открытому вперед острому углу</p>	 <p>Забой под открытым вперед острым углом</p>
4	<p><b>Падение жилы</b></p>  <p>Пологое или со средними углами падения</p>	 <p>Крутое близкое к вертикальному</p>	9	 <p>Забой над сместителем</p>	 <p>Забой под сместителем</p>
5	<p><b>Склонение жилы</b></p>  <p>Пологое. Забой над нижней линией выклинивания.</p>	 <p>Крутое. Забой под верхней линией выклинивания при пологом склонении</p>	10	<p><b>Крутопадающие смещения</b></p>  <p>Забой вблизи от сместителей (1-5 м)</p>	<p>Забой вдали от сместителей (10 м и дальше)</p>

Рис. 31. Структурные признаки гипергенного обогащения в жильных месторождениях (по М. Н. Альбову)

щенные участки приурочены к тем местам, где имеются крутые повороты, изгибы при изменениях мощности и соединении жил. Тектонические процессы и создаваемые ими структуры играют важную роль в оруденении месторождения. Сложное строение рудных тел свидетельствует о том, что образование рудных трещин является многостадийным процессом.

В интрузивных породах трещины обычно бывают

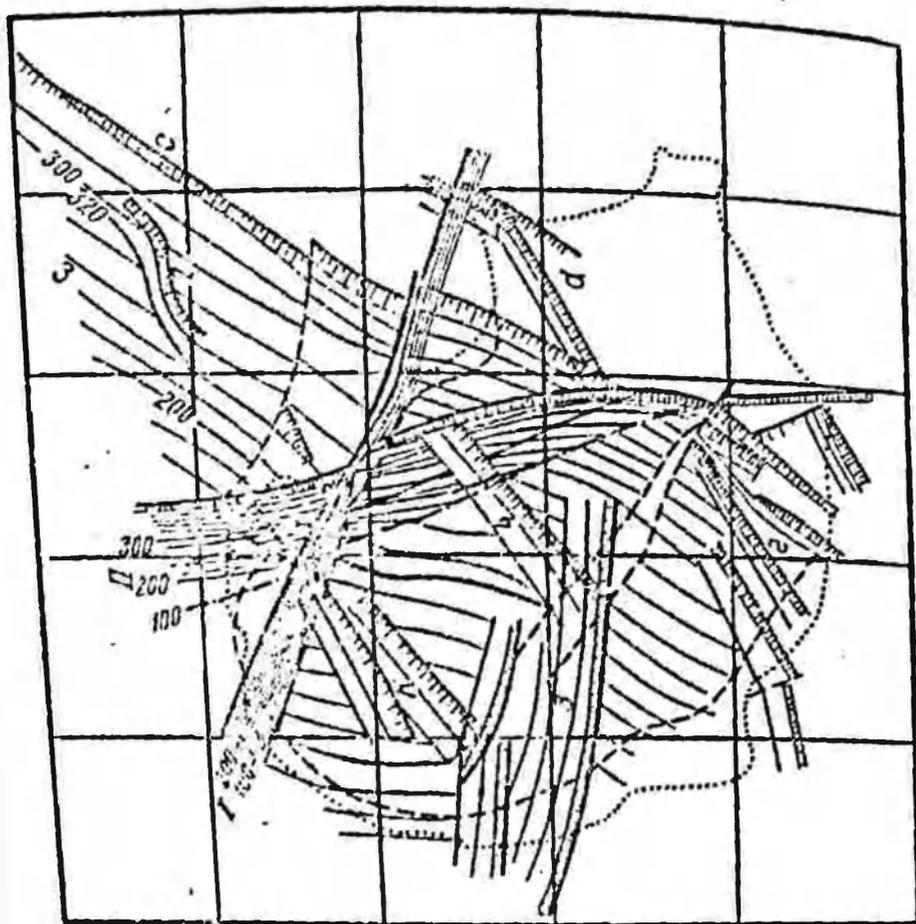


Рис. 32. График сместителей:  
 I, II, III — семейство изолиний основных сместителей; 1, 2, 3, 4 —  
 семейство изолиний мелких сместителей; с, а, с — изолиний всяче-  
 го бока

более выдержаны и прямолинейны. То же относится к трещинам в крутопадающих породах. Но в золоторудных месторождениях сбросы малых амплитуд также широко распространены. Эти трещины создают благоприятные места для отложения рудных столбов (рис. 31).

Значение смещений при разведке и разработке золоторудных месторождений общезвестно. Поэтому при геометризации требуется тщательная увязка планкативных форм с дизъюнктивными.

Подробная пространственная геолого-геометрическая характеристика дизъюнктивов выявляется главным образом по данным эксплуатационных работ. Тщательное изучение большого фактического материала в отработанных участках позволяет с достаточной

большей и точностью изображать на графиках с помощью изоляний прежде всего сместители. Они хорошо иллюстрируют структурные особенности месторождения и могут быть учтены при дальнейших построениях геометрических графиков (рис. 32).

Совместное рассмотрение графиков сместителей и графиков форм залегания жил помогает находить линии пересечения сместителей с жилами. По этим графикам можно делать прогнозы на один — два нижних эксплуатационных горизонта и отыскивать потерянные части жил. По графикам сместителей и геологическим данным находят относительные и истинные величины перемещения и вид смещений.

На графиках сместителей изображают формы залегания крупных и средних нарушений, что помогает устанавливать связь между минерализацией и тектоникой, а также учитывать ее при проектировании горизонтов.

При исследованиях золоторудных месторождений определяют интенсивность трещиноватости горных пород и анализируют микроструктуру месторождения.

Графики форм залегания жил. На многих золоторудных месторождениях рудные жилы представлены отдельными мелкими линзочками — с изменениями их направлений по простиранию, с глубиной и частыми выклиниваниями. При эксплуатации это приводит к потере залежей и проведению большого количества так называемых «бросовых» выработок. Поэтому при построении графиков форм залегания жил важно пространственное отображение не отдельных рудных линзочек, а изучение морфологии жилы в целом и изображение гипсометрии рудного шва.

При горизонтальном чашеобразном залегании жил необходима особая точность построения, так как минерализация тесно связана с мельчайшими морфологическими изменениями жил. При крутом залегании жил строят графики фронталей, для чего на маркшейдерском плане намечают прямую со средним углом простирания с таким расчетом, чтобы вертикальная плоскость, проходящая через эту линию, нигде не пересекала жилу. По значениям расстояний от этой плоскости до жилы (шва) проводят изолинии фронталей. Семейство их хорошо отображает морфологичес-

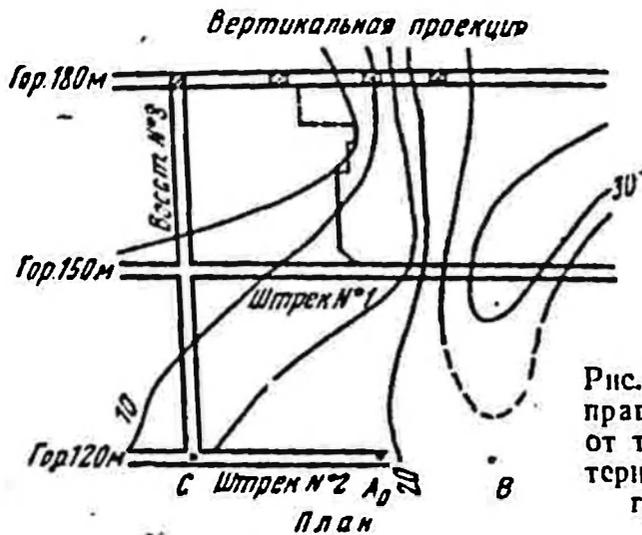
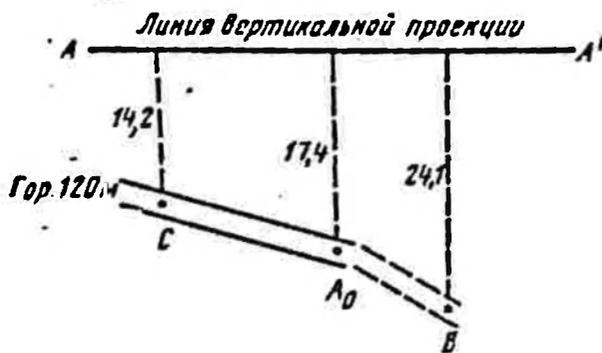


Рис. 33. Определение направления штрека № 2 от точки А (в месте потерн рудной жилы) по графику фронталей



кие особенности жилы и позволяет экстраполировать на один и даже два нижних эксплуатационных горизонта. По этим графическим прогнозам проходческие выработки можно направлять наиболее точно и с меньшим числом «бросовых» выработок (рис. 33).

По графикам фронталей строят поперечные профили, показывающие изменения углов падения жил и разрывы сплошности. Гипотезы на этих графиках позволяют достаточно точно установить точки, в которых наклонные скважины на нижних горизонтах встречаются с жилой. Их используют при составлении проектов глубоких скважин.

Горизонтальные и наклонные жилы изображают в проекции на горизонтальную или наклонную плоскость с учетом изложенных выше рекомендаций.

Графики изомощностей. Другим структурным показателем является мощность жилы. Выявление изменения мощностей рудных жил и закономерности

сти их распределения имеет большое значение при оценке месторождений и решении различных эксплуатационных задач. По графику изомощностей можно определить основные направления приоткрытий, оконечивать жилы и намечать промышленные участки на новых горизонтах.

Вмещающие породы играют огромную роль в формировании минеральных тел. Академик С. С. Смирнов [30] отметил, что к физически благоприятным относятся неподатливые, твердые, хрупкие породы, а к неблагоприятным — податливые. Очевидно, что состав среды должен оказывать воздействие и на характер расстрескивания пород. Различной средой иногда объясняется изменение формы жил, их сужение, расширение и разветвление. Поэтому так важна литологическая характеристика пород, вмещающих рудные жилы. Графики изомощностей составляют с использованием планов опробования и замеров мощностей, маркшейдерских планов горных работ и по геологическим зарисовкам.

В зависимости от выбранной плоскости проекции все мощности приводят к одним значениям (вертикальным, горизонтальным или истинным). При этом на маркшейдерскую основу наносят все структурные линии, границы пережимов и в цветах изображают вмещающие породы. Раздельно, в пределах каждого структурного участка, определяют средние групповые значения мощности, которые затем переводят в значения, соответствующие выбранной плоскости проекции.

Внимательное совместное изучение групповых отметок, литологического состава пород и указанных структурных линий позволяет на графиках изомощностей изобразить в изолиниях все приоткрытия и пережимы.

В большинстве случаев самые мощные рудные тела приурочены к синклинальным перегибам складок.

Качественные графики среднего содержания металла служат данными забойного опробования. По групповым отметкам, с учетом указаний главы I, проводят вначале изолинии, характеризующие размещение основного компонента. При этом учитывают

сферу влияния исключительных проб и вероятность появления их в данной жиле.

В случае полиметаллических месторождений находят корреляционные зависимости между основным компонентом и вспомогательными, которые используют при построении качественных графиков сопутствующих элементов, имеющих всегда меньшее количество анализов позабойного опробования.

В том случае, когда отмечается очень тесная зависимость, возможно построение только графиков среднего содержания основного компонента.

Для подсчета запасов и количественных определений золота по отдельным участкам строят графики производительности. Порядок построения их аналогичен предыдущему.

Столбы оруденения в жилах не бывают вертикальными или горизонтальными, а участки концентрации металла не бывают сплошными. Чаще они на геометрических графиках представлены отдельными гнездами, группы которых имеют некоторое склонение.

Качественные графики в сочетании с графиками формы залегания позволяют выявить участки концентрации металла по приуроченности к структурным линиям, осям складок, значительному обогащению в «седловинах», «мульдообразных» частях жил и взаимосвязь минимумов и максимумов форм залежи и качественных особенностей.

При значительной изменчивости показателей содержания по геометрическим графикам нельзя прогнозировать качественные особенности на нижние горизонты изолиниями, так как они оказываются геометрически иллюзорными и их нельзя использовать при проектировании и текущих горных расчетах. Поэтому в пределах столбов оруденения на графиках по каждому горизонту находят средние показатели, строят по этим направлениям кривые изменения характеристик с глубиной и только их экстраполируют на смежные горизонты.

Таким образом, закономерности изменений среднего содержания компонентов с глубиной устанавливаются построением кривых распределения или определением уравнения связи оруденения и глубины по формуле

$$\bar{C} = f(Z),$$

где  $\bar{C}$  — среднее содержание, г/т;  
 $Z$  — глубина, м.

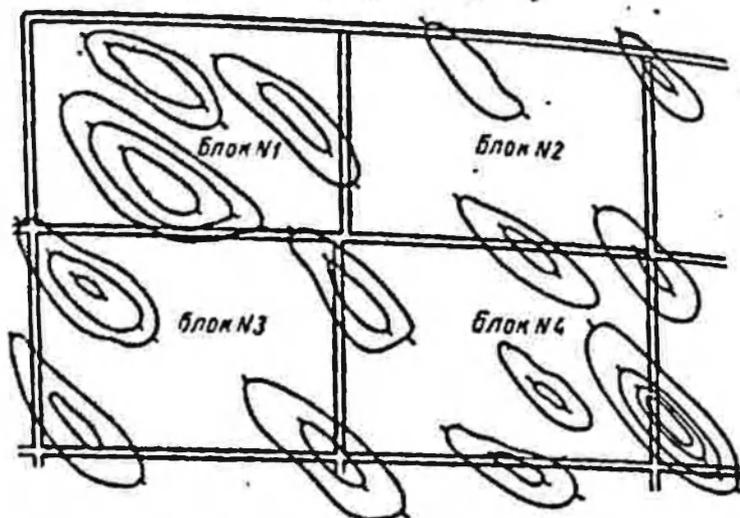
Количественные показатели запасов на новых горизонтах находят по графикам производительности.

До сих пор изучение нижних горизонтов и оценку их производят по небольшому числу скважин («проколов»). Поэтому при значительной изменчивости показателей золоторудных месторождений допускаются большие ошибки.

Известно, что точечная информация малой плотности всегда дает худшие результаты, чем ревизия архивных данных по выработанным участкам месторождения. Поэтому детальное изучение точечного поля (по данным вышележащих горизонтов), геометризация и экстраполяция средних показателей на смежные участки дают лучшие результаты.

Графические рабочие гипотезы позволяют наиболее рационально планировать горные работы и детальную разведку. В зависимости от новых данных эти гипотезы могут изменяться и пополняться, но в любой момент они дают представление об особенностях участков, предполагаемых для отработки. Расстояние между рудными гнездами содержания золота составляет 20—30 м. А так как сеть подготовительных выработок в среднем характеризуется размерами 40×30 м и более, то это приводит к существенным отклонениям средних показателей, найденных только по данным опробования в оконтуривающих выработках, а также к неправильной оценке новых горизонтов. Так, например, средние результаты опробования по подготовительным выработкам блока № 1 (рис. 34) занижены; по блокам № 2 и 3 завышены, а по блоку № 4 достаточно хорошо совпадают с данными эксплуатации.

При снижении содержания золота с глубиной (до 300—400 м) часто делают заключение о нецелесообразности дальнейшей его разведки. Однако для этого нет достаточных оснований, так как для многих месторождений отмечается ярусный характер оруденения, а большая глубина распространения промышленного оруденения доказана многочисленными примерами



☞ *Изолинии среднего содержания золота*

Рис. 34. График размещения гнезд оруденения по отношению к подготовленным выработкам эксплуатационных блоков

разработки золоторудных месторождений в нашей стране и за рубежом.

Часто параллельно с изучением минерализации золота определяют пространственное размещение серебра и строят графики среднего содержания серебра, для чего в начале исследуют взаимосвязи золота и серебра и строят кривые изменения их по горным выработкам.

По геологическим, геометрическим особенностям, горномеханическим условиям золоторудные месторождения можно разделить на четыре основные типа:

А — месторождения, имеющие одиночные жилы или их свиты (обычно представлены тонкими крутопадающими рудными телами);

Б — рудные поля с семейством пересекающихся жил;

В — месторождения, представляющие собой минерализованные зоны;

Г — штокообразные месторождения.

#### § 29. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА А

Район рудного поля представлен большим количеством рудных жил (около 500). Кварцевые жилы располагаются сближенными свитами. Каждая свита

имеет значительные размеры, не представляя собой сплошного оруденения. Свита состоит из системы отдельных линзующихся рудных тел, часто с кулисным захождением. Жилы не выдержаны ни по мощности, ни по содержанию золота. При таком залегании рудных жил и большой изменчивости содержания золота разведка буровыми скважинами не дает надежных результатов. Даже если блоки оконтуриваются горными выработками с сетью  $30 \times 50$  м и опробование по ним осуществляется через 1—2 м, то и тогда не обеспечивается необходимая точность подсчета запасов категории В. В результате проводится много «бросовых» выработок и образуются значительные потери в барьерных целиках (у восстающих). Поэтому параллельно с геологическим изучением необходимо проводить геометризацию месторождения.

На основе обработанного материала и комплекса необходимых геометрических графиков делают совместный геометрический и геологический анализ, выявляют закономерности в изменении мощности, содержания по жилам и по отдельным свитам сближенных жил.

Например, рассмотрим свиту жил III, являющуюся одним из главных объектов эксплуатации месторождения К. Горными работами она довольно детально прослежена по простиранию и вскрыта на длину около 1200 м и на глубину 300 м. Угол падения жил свиты равен  $85-87^\circ$  на север. Она состоит из ряда сближенных жил (до трех, а иногда до четырех), то сходящихся, то расходящихся. В жилах свиты выявлен пояс вторичного золотого обогащения, лежащий на глубине 80—150 м от дневной поверхности. Содержание золота в этом поясе на 10—15% выше среднего содержания металла по жиле в целом.

Благоприятными факторами для появления пояса или участков вторичного золотого обогащения жил необходимо считать: повышение содержания сульфидов в жилах; полосчатую текстуру руд и их сильную трещиноватость; средний или пологий угол падения; соединения жил и тектонические смещения.

Изучая фондовые материалы, можно прийти к выводам, что геометрические графики необходимо

строить в проекции на вертикальную плоскость, параллельную среднему углу простирания всех жил.

Статистический анализ показывает, что изменчивость содержания золота по коэффициенту вариации в 1,5 раза превышает изменчивость по мощности. По показателю изменчивости отдельные блоки могут быть отнесены к III, IV и V группам ГКЗ. Сравнение вычисленных среднесредних значений мощности кварцевых жил и содержания золота по подготовительным и очистным выработкам подтверждает, что расхождения между ними носят случайный характер. Относительная погрешность оценки блоков достигает по содержанию золота до 60%, а по мощности до 45%. Коэффициент вариации по мощности  $V_m=70\%$ , по содержанию золота  $V_c=100-120\%$ . Граница между нормальными и исключительными пробами  $K_1=75$  усл. ед.

Вычисления, произведенные по 12 блокам жил, показали, что ошибки средних значений содержания золота по подготовительным выработкам больше, чем по мощности, и что любая густая сеть опробования по подготовительным выработкам не обеспечивает необходимой точности подсчета запасов категории В.

Чтобы выявить основные направления оруденения и экстраполировать средние значения показателей на новые горизонты, производят сглаживание с объединением пяти индивидуальных проб по штрекам. При площадном сглаживании со стороны квадрата, равной 10 м, изолинии наносят по среднеблоковым отметкам.

При изучении рассматриваемых жил выявлены отдельные зоны нарушений, которые состоят из ряда крутопадающих трещин незначительной мощности. Трещины смещения с пологими углами падения и широким простиранием являются более мощными и имеют значительную амплитуду смещения (до 5 м). Выявленные зоны нарушений и отдельные сместители могут быть экстраполированы на новые горизонты.

Построение графиков лежачего бока. Маркшейдерской основой для них служат вертикальные проекции горных работ в масштабе 1:500 и ний изопографических поверхностей

сделана равной 5 м. Перед тем как провести изолинии лежачего бока, на график наносят линии скрепления жил со сместителями и другие структурные линии. В пределах блоков намечают инвариантные линии и только после этого проводят изолинии. Общий характер семейств изолиний позволил сделать экстраполяцию на один эксплуатационный горизонт. Эти геометрические построения позволяют сократить часть «бросовых» выработок и приводят к некоторым промышленно-техническим заключениям. Например, система жил, изображенная в разрезе, иллюстрирует «треугольник жил», который ограничивает распространение их на глубину и определяет район детальной разведки (рис. 35).

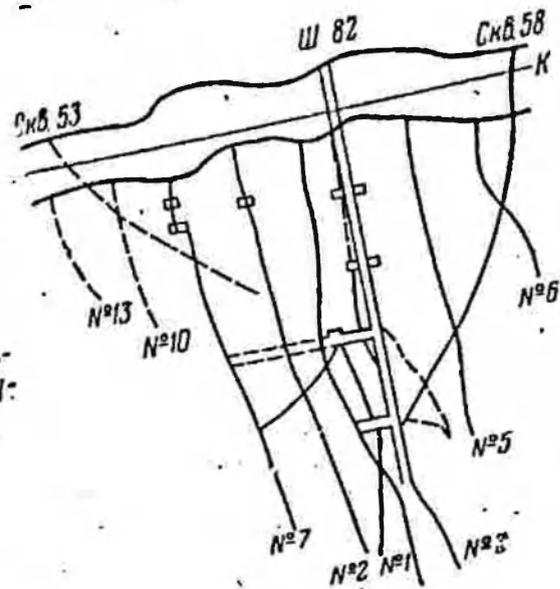


Рис. 35. Геологический разрез святи жил (по П. И. Кутюхину)

Построение графиков изомощностей. Учитывая углы падения жил и ошибки проектирования, при изображении мощности жил следует использовать горизонтальные их значения. В сложных перекрытых линзах берут суммарные значения. Изолинии проводят с сечением через 0,2 м. При этом графики показывают основные направления приоткрытий. Совместное рассмотрение графика лежачего бока жил и изомощностей указывает на связь рудообразования со структурой. Они позволили рационально намечать восстающие на нижних горизонтах.

Построение графиков среднего содержания золота. Построение этих графиков в изолиниях возможно только по среднегрупповым значениям содержания золота. Учитывая, что строгой корреляционной зависимости между мощностью и содержанием золота в жилах месторождения нет, при построении графиков основное внимание уделяют связи между распределением металла, структурой и литологией. Внимательное изучение этой связи позволяет установить общее направление оруденения. Так, например, при исследовании одной жилы месторождения III горно-геометрические построения и ревизия архива помогли обнаружить целики, ранее не отработанные.

На основании этого по графикам был сделан вывод о том, что выше очистных работ имеются перспективные участки. Последующие горные работы полностью подтвердили это заключение.

В целом построенные графики позволяют выявлять основные направления оруденения и распространять их на новые эксплуатационные горизонты.

Графики производительности строят с учетом мощности и содержания золота. Они являются основными качественными графиками, характеризующими промышленную ценность участков жил. По ним проводят границы промышленных участков, вычисляют коэффициент рудоносности. Кроме того, их используют при подсчете запасов, проектировании наиболее рациональных горных выработок (восстающих) и т. д.

Сводные графики. Как отмечалось, жилы месторождения часто располагаются свитами, приуроченными к геологическим разломам. Иногда они представлены отдельными рудными телами, линзующимися в различных плоскостях. В некоторых случаях разделение свиты на отдельные жилы проводится условно. Следовательно, графики, составленные по каждой жиле в отдельности, не дают представления о характере оруденения в целом по свите. Для характеристики изменения оруденения в целом по свите промышленной оценки ее составляют сводные графики суммарной изомощности, среднего содержания и суммарной производительности. Они

большим постоянством показателей как по простиранию, так и с глубиной.

Общее рассмотрение всех графиков и анализ результатов прогнозирования, сделанного на основе геометризации месторождения типа А, привели к следующим выводам: расхождения средних прогнозируемых показателей с эксплуатационными данными не превышают 20%; погрешности имеют различные знаки, что свидетельствует о их случайном характере [9].

### § 30. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА Б

На территории рассматриваемого месторождения Д насчитывается до 15 рудных жил с разными углами падения (от пологих до крутых) и различным простиранием. Имеется несколько безрудных разломов меридионального и широтного направлений.

В связи с разными мнениями о распространении оруденения на глубину ниже 200 м и необходимостью планирования горных работ возникла потребность в проверке всех существующих на месторождении материалов и обобщении их. Горно-геометрическими работами предшествовали основные маркшейдерско-геодезические работы. Затем строили геометрические графики форм и качественных особенностей месторождения.

Генетически жильная свита связана с интрузиями гранитной магмы. Массив сложен в основном гранодиоритами, в меньшей мере кварцитами, диоритами и гранитами. Этот массив разделяется по структурным особенностям и распределению золотоносных кварцевых жил на три части. Рассмотрим только одну часть — центральный участок месторождения.

Буровая разведка дала представление о месторождении до глубины 450 м, а горные работы — до глубины 210 м. Центральная часть месторождения приурочена к гранитному штоку в серпентинитовом массиве и змеевиках, которые сильно метаморфизованы в тальковые породы. Большая часть их занимает возвышенные участки рельефа. В месте расположения рудника серпентиниты прорваны в северо-восточном и юго-восточном направлениях интрузией кварцевого

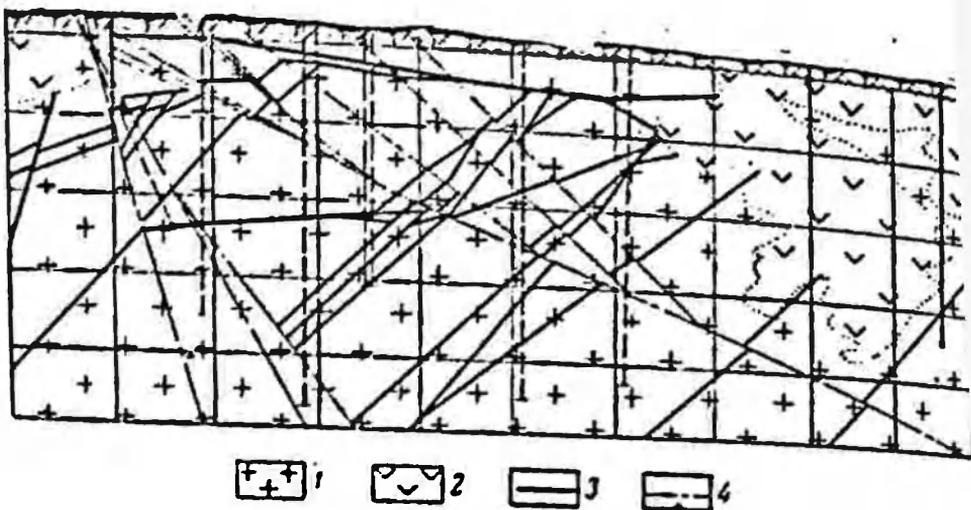


Рис. 36. Разрез по линии I—II месторождения Д:

1 — гранит-порфиры; 2 — серпентинитовый массив и амфиболы; 3 — кварцевые жилы; 4 — линии нарушений

диорита. Жильные породы представлены гранит-порфирами, лампрофирами и порфирирами. Рудные тела встречаются только в гранитном массиве (рис. 36). Они имеют разные углы падения.

П. И. Кутюхин все многообразие трещин делил на две группы. К первой он относил пологопадающие разломы с широтным или близким к широтному простиранием. По форме эти жилы являются серией линзообразных тел, осложненных большим количеством апофиз. Ко второй группе он относил меридиональные крутопадающие жилы. Все остальные разломы являются второстепенными, сопряженными с первыми двумя. Безрудные разломы имеют такое же простирание, как и рудные, но с обратным падением.

По составу руд месторождение можно считать полиметаллическим. Основными элементами являются золото, серебро, свинец, цинк, мышьяк. Золото находится в тонкодисперсном состоянии и связано с сульфидами. Основная вмещающая порода — гранит, на контакте с жилой березит. Кайма измененных гранитов и амфиболов имеет мощность около 50 см и часто также является золотоносной.

Геометризация месторождения была вызвана его особой сложностью и, как отмечалось, необходимостью проектирования капитальной шахты с глубиной более 300 м.

Месторождение имеет много рудных жил

нарушенных безрудными разломами, непостоянную мощность и несвыдержанное содержание. Поэтому параллельно с геологическим изучением потребовалось геометрическое его исследование.

Ряд геологов, в том числе и В. М. Крейтер [21], отметили, что самым важным и самым сложным для этого месторождения является расшифровка его структуры, что специальное картирование и геогеометрические работы помогут исследовать месторождение и найти правильные пути его дальнейшей разработки, что необходимо составить ряд взаимнопересекающихся разрезов или модель.

Геометризацию месторождения проводили по методу изолиний. При этом вначале данные съемки и опробования были точно координированы и нанесены на маркшейдерские планы. В результате математической обработки исходных данных еще до графических построений были найдены приближенные характеристики исследуемого объекта и их взаимосвязи. Затем вычерчивали геометрические графики в пределах отработанных участков, площадей, разведанных скважинами, и только после этого строили графические рабочие гипотезы.

Систематическая обработка исходных данных опробования позволила определить средние значения мощности и содержания компонентов по данным опробования в подготовительных выработках, а затем по данным в очистных выработках. В результате установлены: совершенно одинаковые значения мощности и содержания металла в блоках при опробовании с интервалами через 2 и 4 м и некоторые отклонения в средних значениях при еще больших интервалах; значительные расхождения (до 70%) между средними значениями мощности и содержания при определении их в одном случае по опробованию в подготовительных выработках, а в другом — по данным очистных работ; неравноценные значения средних по блоку при определении их по одной, двум, трем и четырем стенкам выработок, оконтуривающих блок; жилы с очень малым содержанием сульфидов обычно слабо золотосные. Крупное золото в руде встречается сравнительно редко.

Изучение фондовых материалов, статистическая

их обработка и построение кривых изменения средних содержания компонентов с глубиной показали, что в зоне окисления на месторождении отмечается исключительное обогащение руд. Миграция вторичного золота в отдельных, сильно нарушенных, крутопадающих жилах достигает глубоких горизонтов.

Так как месторождение представляет собой крупный рудный узел с весьма сложным строением и с самыми различными элементами залегания жил, геометрия его возможна по способу семейства пересекающихся жил в рудном поле. Для общего пространственного представления жил и увязки их с наземной топографией их проектируют на горизонтальную плоскость, несмотря на то что крутопадающие и наклонные жилы при этом значительно искажаются.

Для решения вопросов детальной разведки и текущих эксплуатационных задач выбирают два основных масштаба графиков — 1 : 2000 и 1 : 500.

Графики масштаба 1:2000 строят как обзорные для геологоразведочных работ, а графики масштаба 1 : 500 — как эксплуатационные для составления производственных планов и текущего обслуживания горных работ. К первым относятся: топографический план, лист разведки, структурный план, графики контактовой зоны, сместителей, висячего бока рудных жил, изолиний вертикальных мощностей, изолиний среднего содержания золота и производительности. Ко вторым — графики изолиний висячего бока жил, мощностей, среднего содержания золота и производительности.

В результате проведения горных работ на верхних горизонтах было установлено, что все жильные трещины распространяются только в пределах гранитной интрузии. Поэтому большой интерес представляло изображение в изолиниях контактовой поверхности, являющейся сложной поверхностью нетопографического порядка. Поверхность контактовой зоны между змеевиками и плагногранитами позволяет ограничить продуктивную толщину плагногранитной интрузии и тем самым выявить пределы возможного распространения жил. Построенный график показал, что массив гранитов с глубиной расширяется. Структурный план (рис. 37) дает довольно ясное представление о форме

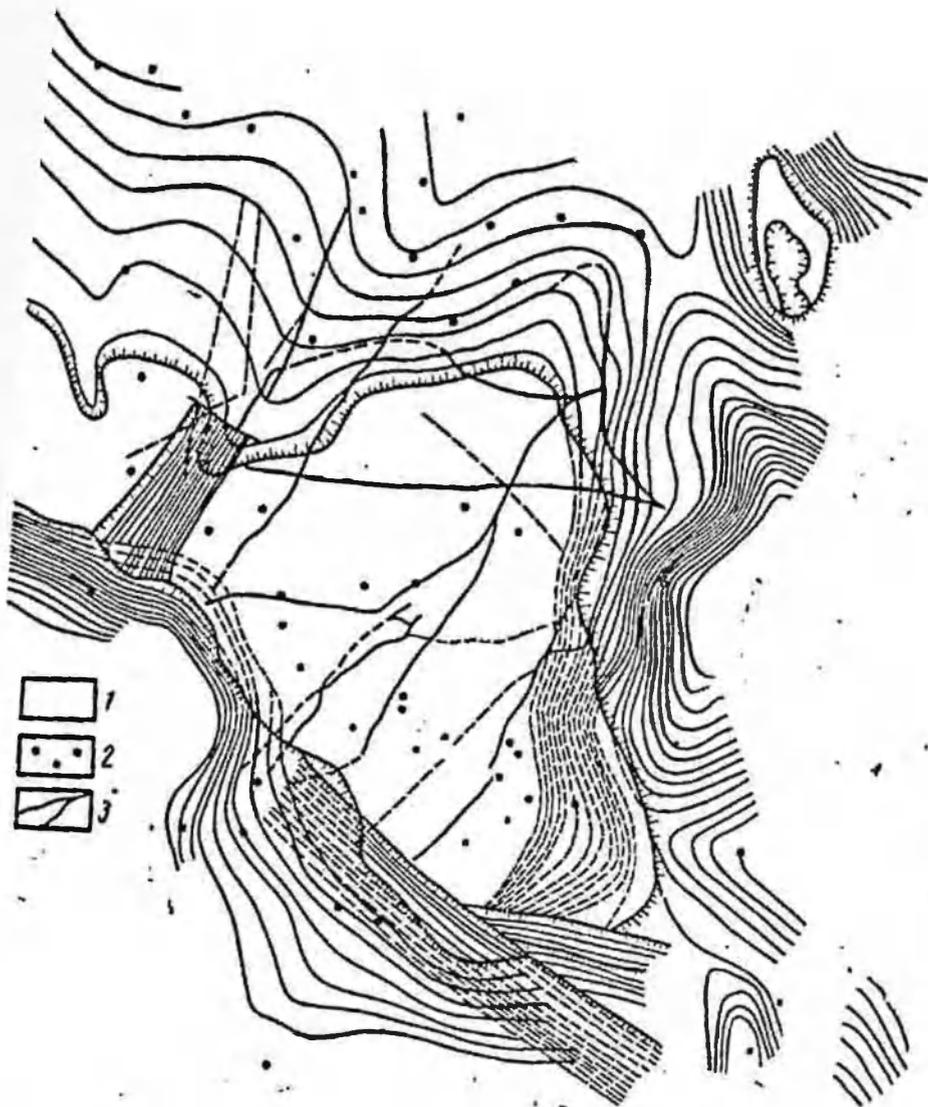


Рис. 37. Структурный план:  
1 — серпентиниты; 2 — плагиоклазовые граниты; 3 — жилы

рудопосной интрузии и характере контакта с вмещающими серпентинитами. Детальное изображение формы залегания контактовой поверхности имеет большое практическое значение с точки зрения оценки перспектив месторождения и рационального проведения детальной разведки. Все графики строят на прозрачной основе.

Используя данные о нарушениях, методом изолиний строят график сместителей, на котором изображают форму залегания основных сместителей участ-

ка. Безрудные разломы представляются сбросовыми трещинами, возникшими, по-видимому еще в дорудный период. Их можно подразделить на две группы, соответствующие двум главным тектоническим направлениям.

Форма рудных жил изображается на графике всячего бока в такой последовательности: в масштабе 1:500 на план наносят все горные выработки по маркшейдерским съемкам и проводят изолинии с учетом геологических разрывов; делают графические прогнозы первого приближения, которые корректируют данными скважин; строят графические гипотезы второго приближения.

Сопоставляя графики изолиний всячего бока структурными планами, легко находят линии пересечения жил с контактовой поверхностью. При совместном рассмотрении графиков разных жил находят линии их скрещения. И, наконец, сопоставлением графиков жил с графиком сместителей находят пересечения жил с поверхностями сместителей. Эти вероятные пересечения уточняются фактическими наблюдениями в горных выработках.

Построение качественных графиков производят по групповым отметкам. При этом определяют средние групповые значения из пяти индивидуальных проб подготовительных выработок и средние значения проб с площади 10×10 м в очистных выработках. По этим групповым значениям проводят изолинии.

Вероятность появления исключительных проб по разным жилам и даже горизонтам различна и колеблется от  $\frac{1}{3}$  до  $\frac{1}{10}$ .

### § 31. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА В

К этому типу можно отнести полиметаллическое месторождение М. При геометризации форм залегания и качественных особенностей месторождения следует воспользоваться одновременно следующими методами: горизонтальных и вертикальных сечений в сочетании с методом изолиний, объемных графиков, моделирования и изолиний.

Особенностью этого месторождения является пространственное соседство двух различных генетических

формаций: минерализованной зоны вкрапленников с низким содержанием золота, значительной мощности, не имеющей четких контактов, разрабатываемой камерной системой, и сульфидной жилы незначительной мощности с большим содержанием компонентов в рудах полиметаллического типа, разрабатываемых слоевым способом.

Непосредственная близость двух различных рудных тел потребовала особых графических изображений, отражающих основные структурные и качественные признаки месторождения.

Минерализованную зону можно геометризовать по методу параллельных сечений. Качественные особенности на них изображаются изолиниями, а общее представление дает объемный график или модель. Рудное тело сплошных сульфидов можно представить на графиках изолиниями, как это было сделано для одиночных золоторудных жил типа А.

Систематизация и обработка исходных данных. В районе месторождения и в подземных выработках были проведены все основные маркшейдерско-геодезические съемки, по которым были составлены маркшейдерские планы масштаба 1:500. При геометризации месторождения были использованы: погоризонтные и пробные планы; зарисовки и разрезы по скважинам; планы горных работ; отчеты разведочных и эксплуатационных работ; журналы химических анализов; вычислительные материалы по искривлению скважин и т. д.

При систематизации и обработке исходной документации устанавливали стандартные обозначения; принимали стандартные формы документации; осуществляли пространственное координирование устьев и важнейших точек по оси скважин механического бурения, точек замеров в горных выработках; тщательно сверяли все материалы съемки и разведки.

Материалы по скважинам систематизировали в специальных формулярах. При этом оси скважин зарисовывали в масштабе 1:1000 на вертикальную проекцию, нормальную к среднему простиранию месторождения, с учетом зенитных и азимутальных их осей. Вычерчивали литологическую колонку, гистограмму выхода керна и данные лабораторных анализов.

Для рассматриваемого месторождения игнорирование искривления скважины приводит к значительным искажениям формы залегания залежи, к неправильному представлению о размерах рудного тела и к большим погрешностям подсчитываемых запасов. Поэтому для геометризации формы залегания месторождения необходимо было вначале детально изучить закономерности искривлений и определить средние значения азимутальных и зенитных отклонений, а затем распространить их на все остальные скважины.

При группировке скважин и систематизации замеров кривизны было выявлено, что: точность замеров кривизны зенитных углов, определенных НКА и трубками с плавиковой кислотой, по одним и тем же скважинам одинакова, поэтому графики можно строить по данным этих замеров; для скважин, имеющих замеры только трубками с плавиковой кислотой, зенитные искривления учитываются по этим замерам, а азимутальные — по значениям типовых кривых своей группы; построения по скважинам, не имеющим никаких замеров кривизны, делают по данным типовых кривых; типовые кривые строят с учетом распространения данных замеров кривизны на полинтервала вверх и вниз от точки замера (к 1-й группе были отнесены скважины, имеющие глубину не более 200 м, а ко 2-й — все остальные); все скважины, заданные со стороны висячего бока рудного тела, закономерно и значительно отклоняются на юг, а скважины, заданные со стороны лежащего бока, очень незначительно — на север; показатели зенитных и азимутальных отклонений находятся в зависимости от глубины скважины, от начальных углов их наклона и направления по отношению к залеганию горных пород и трещиноватости; с возрастанием глубины скважины абсолютная величина искривления повышается, а относительная — уменьшается.

Как отмечалось, особенностью этого месторождения является непосредственная близость двух разных тел, что создает технические трудности при геометризации. В связи с этим в процессе графических построений месторождение искусственно делится на два обособленных объекта геометризации.

Геометризация вкрапленников. Графи-

ческое изображение форм залегания минерализованной зоны может быть осуществлено по методу горизонтальных и вертикальных сечений. Они приурочиваются к наиболее исследованным частям месторождения, т. е. к плоскостям, проходящим через разведочные линии и эксплуатационные горизонты.

Графики строят в такой последовательности. Вначале по маркшейдерским съемкам, результатам замеров и опробования на планы основных эксплуатационных горизонтов наносят контакты горных пород, линии скрещивания жил с плоскостями сместителей, элементы залегания и все точки опробования. Далее строят вертикальные разрезы. Производят увязку данных литологического состава пород на горизонтальных и вертикальных сечениях, после чего проводят изолинии содержания компонентов.

Как показали построения, центральная часть зоны, особенно верхних горизонтов, оказывается наиболее обогащенной. К периферии и с глубиной оруденение постепенно снижается до непромышленных содержания (рис. 38).

Представления о характере залегания залежи, закономерных изменениях и графические прогнозы подтвердились при последующей отработке минерализованной зоны месторождения.

Геометризация сульфидной жилы. Разрыв между сульфидной жилой и промышленной частью зоны вкрапленников колеблется от 5 до 10 м. Жила имеет незначительную мощность, согласно простиранию с вмещающими породами и угол падения, близкий к  $90^\circ$ . Поэтому она почти без всяких искажений может быть изображена в проекции на вертикальную плоскость со средним углом простирания.

При геометризации строят: графики нормальных мощностей, среднего содержания и производительности по золоту и серебру. Составлению графиков предшествовал анализ первичных фондовых материалов, их обработка и установление аналитических зависимостей между отдельными компонентами.

Статистический анализ качественных показателей и кривых изменения содержания золота и серебра выявил неравномерность размещения металла, значительное увеличение содержания в центральной части

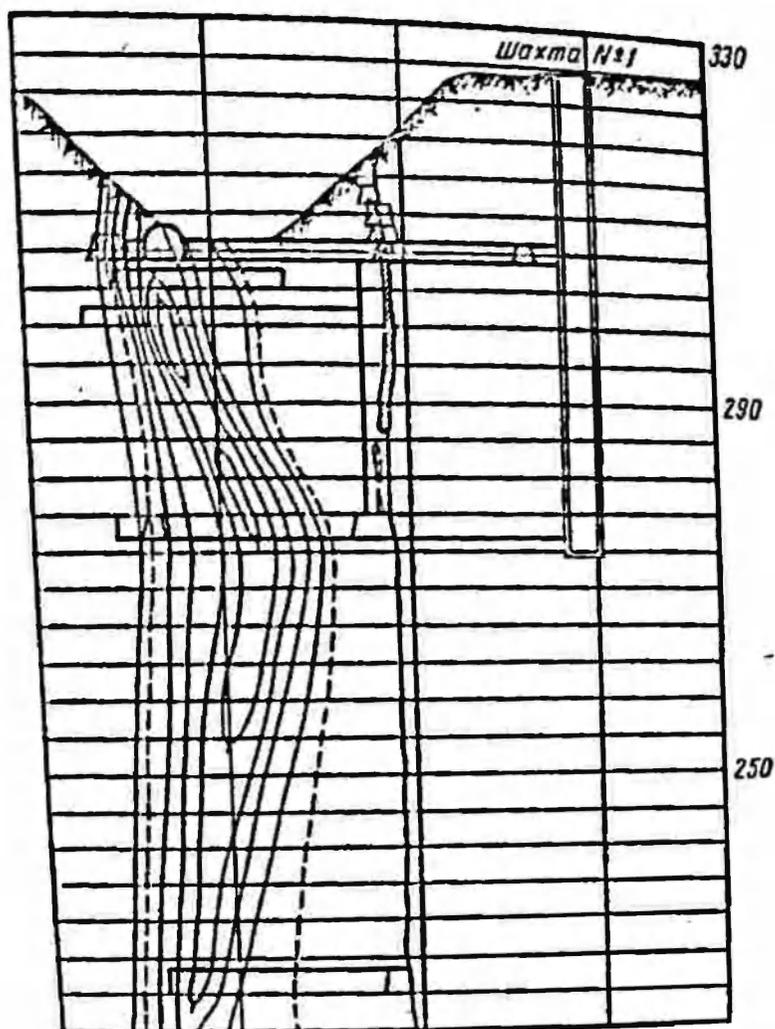


Рис. 38. Вертикальный разрез через шахту № 1

минерализации и связь между золотом и серебром, но с учетом зональности обогащения.

Исследованиями химического состава руд сульфидной жилы установлено, что промышленная ценность руд определяется не только одним золотом. Важнейшими компонентами являются золото, серебро, свинец и цинк. Полные анализы по всем пробам потребовали бы много времени и средств, поэтому на месторождении химические анализы по всем пробам производили только на золото и выборочно на все вспомогательные компоненты. С этой целью по данным химических анализов Au и Ag; Au и Pb; Au и Zn; Pb и Zn находили корреляционные зависимости,

силу и форму связи. В результате были найдены достаточно устойчивые корреляционные зависимости, между значениями содержания золота и серебра, цинка и свинца. Зависимость между золотом и свинцом не обнаружена.

Статистические средние содержания по этим компонентам отдельно в пределах каждого эксплуатационного горизонта позволили построить график, характеризующий изменение средних содержаний компонентов с глубиной. По графику был сделан прогноз вероятных средних значений содержания золота, серебра, цинка и свинца в пределах следующего ниже лежащего горизонта. Исключительные пробы распространялись на площади пропорционально вероятности их появления. Этот график показал, что содержание золота с глубиной (100—150 м) постепенно и последовательно увеличивается.

Для составления графика среднего содержания серебра также были вычислены и нанесены средние групповые значения содержания серебра. В участках, где данных опробования мало, определяли теоретические средние. По графику среднего содержания серебра был сделан вывод о том, что оно последовательно уменьшается с глубиной, и что отсутствует закономерное изменение серебра от центра к периферии, которое имеет место по золоту.

Графики производительности для золота и серебра. Эти графики были построены по средним групповым значениям произведения мощности на содержание. Они показали пережимы и разрывы, но одновременно было отмечено, что общее количество металла в различных горизонтах остается почти постоянным (рис. 39), так как большая минерализация всегда была в пережимных участках жилы.

В целом графики дают ясное представление о форме и качественном изменении полезных ископаемых на рассматриваемом месторождении; они позволяют делать прогнозы и рационально планировать горные работы на смежные горизонты. С помощью установленных корреляционных зависимостей между различными компонентами сокращены расходы на опробования и анализы сопутствующих компонентов.

Подсчет «остаточных запасов». На глубине 285 м сульфидное рудное тело выклинилось, и среднее содержание золота во вкраплениях, по данным разведки, оказалось на пределе кондиции. Балансовые запасы ниже этого горизонта были представле-

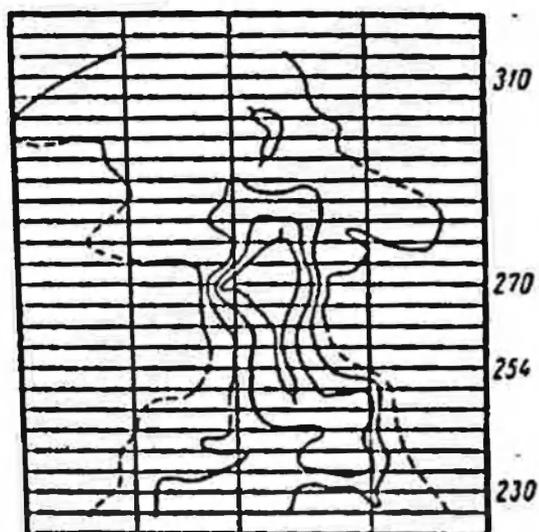


Рис. 39. График производительности золота по сульфидной жиле

ны как перентабельные. Однако выпускаемые в течение длительного времени руды с верхних горизонтов продолжали давать хорошее среднее содержание золота благодаря постепенному разрушению и выпуску оставшихся ранее межкамерных богатых целиков.

То, что самообрушающиеся руды с верхних отработанных горизонтов имеют промышленное содержание золота, не могло остаться незамеченным, и поэтому было решено произвести подсчет запасов этих руд. Решение этой задачи обычными методами затруднительно, а на некоторых участках невозможно, так как очистное пространство все время заполняется обрушивающимися сверху породами. Поэтому для определения «остаточных запасов» необходимо было вначале провести геометризацию и соответствующие статистические расчеты, и только на их основе делать подсчет.

При подсчете «остаточных запасов» нельзя выделять отдельные блоки и определять среднее содержание золота в них, так как руда в очистном пространстве находится в движении. Поэтому объем руд, ко-

личество запасов и среднее содержание золота можно установить только косвенным способом. Для этого необходимо: построить графики изомощности по жиле (в предположении, что она еще не разрабатывалась), используя всю информацию разведки и эксплуатации; составить графики производительности (в тех же пределах); наметить границы обрушения и участки, по которым возможен прирост запасов и разубоживающих пород; определить границы наиболее активного обрушения, исходя из наблюдений за сдвижением горных пород. По геометрическим графикам производительности в пределах указанных выше границ подсчитать запасы металла  $P_1$ , пользуясь палеткой П. К. Соболевского; по статистическим данным установить фактическую добычу золота  $P_2$  за все время работы рудника; подсчитать вероятный запас золота  $P$ , который еще остался в целиках, по формуле  $P = P_1 - P_2$ ; определить по графику изомощностей объем руды и пород  $V_1$  в пределах указанных границ; рассчитать по статистическим данным фактическую выдачу руды на поверхность и количество пород  $V_2$  (с учетом коэффициента разрыхления); определить объем руды и пород, заполняющих очистное пространство по формуле  $V = V_1 - V_2$ ; найти среднее содержание золота в «остаточных запасах» по формуле  $C_0 = P/V$ . По этой методике были подсчитаны запасы и запроектированы дальнейшие горные работы на руднике (самообрушение барьерных целиков). За пять лет работ дополнительно добыто значительное количество руд, предполагаемых для затопления. При этом стоимость 1 г золота оказалась на 20—30% ниже стоимости золота, добываемого на соседних рудниках, и не дороже золота, добываемого гидравлическим способом.

### § 32. ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ТИПА Г

Месторождение типа Г представлено сетью мелких жил в дайках коротких и тонких рудоносных прожилков, имеющих неодинаковую ориентировку и различные элементы залегания (рис. 40). Геометризовать его можно по способу сечений и изолиний. При изображении форм залегания наибольший интерес

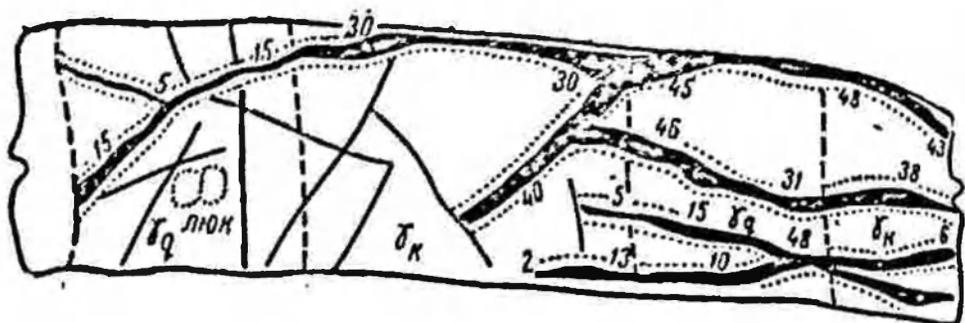


Рис. 40. Зарисовка горных выработок

представляют графики: сместителей поверхностей контактов; форм залегания даек; плотности кварцевых жил в дайках [17].

Кварцево-сульфидные жилы, залегающие в теле гранитоидных даек, заполняют трещины близкого к широтному простирания. Широтные крутопадающие (лестничные) жилы по количеству резко преобладают над жилами других направлений (в среднем составляют 35%). Местные кварцево-сульфидные жилы имеют разнообразные морфологические особенности. Протяженность их по падению в среднем равна 8 м. Жилы и их отдельные ветви образуют свиты.

Промышленная ценность отдельных участков даек определяется в первую очередь концентрацией в них кварцево-сульфидных жил. Поэтому вопрос о характере размещения жил в дайках имеет решающее значение для промышленной оценки отдельных участков месторождения.

Разработка месторождения сплошной выемкой всего эксплуатационного блока невозможна, так как богатые кварцево-сульфидные жилы будут разубоживаться очень бедными породами дайки. Задача ГРО и маркшейдеров заключается в определении так называемых «широких» и «узких» забоев, в пределах которых содержание золота отвечает требованиям кондиции.

При существующей системе отработки в каждом эксплуатационном блоке необходимо выделять группы кварцевых жил для наиболее полной и рациональной отработки месторождения. Специальными работами ГРО комбината было установлено, что на характер распределения кварцево-сульфидных жил в дайках оказывают влияние следующие факторы: механи-

ческие свойства пород, вмещающих дайки; элементы залегания их; морфология и сопряжения даек со свитами.

Степень насыщенности кварцево-сульфидными жилами зависит от элементов залегания вмещающих даек. Наиболее богаты жилами участки, падающие под крутым углом. Дайки, падающие на запад, перентабельны для разработки. В случае выклинивания и выполаживания дайки жилы не получают развития. В пределах серпентинитов морфология даек сильно усложняется и жильная-сеть одновременно разрежается.

Геометризация месторождений данного типа осложняется тем, что из-за многочисленности рудных тел изобразить на геометрических графиках все жилы и прожилки и выявить их внутренние особенности невозможно. Поэтому приходится составлять такие графики, которые отображали бы особенности месторождения в общем виде (на горную массу). Вначале строят графики контактовой поверхности, ограничивающей рудное тело от нерудного массива, и графики сместителей. Формы залегания висячего и лежащего боков даек могут быть изображены по методу изолиний в проекции на вертикальную плоскость. Графики дают представление об изменениях из пространственного положения. Чтобы нагляднее изобразить сложные узлы пересечения даек, строят объемные графики.

Большое значение для эксплуатационных работ имеет представление о распределении содержания металла как в жилах, так и во вмещающих породах. Поэтому при геометризации качественных свойств определяют средние значения содержания золота в пересчете на общую горную массу по отдельным слоям и находят градиенты мощности, содержания и производительности. Построенные по этим данным графики позволяют выявить общие закономерности оруделения нижних горизонтов месторождений, устанавливать размеры забоев, рентабельных для разработки, и подсчитывать запасы.

## Глава VI

### ГЕОМЕТРИЗАЦИЯ НЕРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Из большого количества месторождений нерудных полезных ископаемых остановимся только на методике геометризации месторождений хризотил-асбеста.

Советский Союз располагает самой крупной в мире сырьевой базой хризотил-асбеста. В настоящее время геологами разведано около двух десятков месторождений. Наиболее детально изучены месторождения Урала и Казахстана.

По своим свойствам асбест резко отличается от всех минеральных групп. Минералы, относящиеся к хризотил-асбесту, встречаются в виде волокнистых образований, обладающих способностью расщепляться на тонкие эластичные волокна высокой механической прочности и скручиваться в нить. Его используют как термостойкий материал в различных областях промышленности.

#### § 33. ГОРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ ХРИЗОТИЛ-АСБЕСТА

Месторождения хризотил-асбеста связаны пространственно и генетически с горными породами серпентинитами. Они образуются метаморфизацией ультраосновных интрузивных пород, а иногда метаморфизацией доломитизированных известняков [33].

В зависимости от состава материнских пород, за счет которых возникли серпентиниты и связанные с ними месторождения хризотил-асбеста, были выделены их два генетических типа:

месторождения, возникшие в процессе серпентинизации ультраосновных пород (дунитов, перидотитов и пироксенитов);

месторождения, образовавшиеся в результате процессов серпентинизации, возникающие иногда в толщах доломитизированных известняков под влиянием гидротермальных кремнистых растворов, которые связаны с магматическими породами, интродуцированными в известняки.

Основное промышленное значение имеют месторождения первого типа. Рудные залежи этих месторождений сложены серпентинитами, прорезанными сетью прожилков хризотил-асбеста, имеющих различную конфигурацию. Залежи простираются в основном в меридиональном направлении, длина их колеблется от 100 до 4500 м, мощность от 40 до 1300 м. Глубина залегания залежей различная и изменяется от единиц до сотен метров, достигая более 1000 м. Форма залежей неправильная, линзообразная или эллипсообразная. Строение залежей зональное — в центре расположены неасбестоносные перидотиты, а где их нет — перидотиты с отороченными жилами асбеста, образуя блок или ядро, которое окружено асбестоносными серпентинитами, постепенно сменяющимися зонами асбестоносности сложных жил, крупной, мелкой сеткой и мелкопрожила (рис. 41). На некоторых месторождениях отдельные зоны асбестоносности уменьшаются по мощности или выпадают совсем. Наибольшая насыщенность промышленными сортами асбеста наблюдается в зонах сложных жил, крупной сетки, затем в мелкой сетке и наименьшая — в зоне отороченных жил. Локальное изменение содержания асбеста в залежах колеблется от 0 до 15%; средние содержания в них составляют 0,8—7%.

Залежи хризотил-асбеста не имеют резких границ с вмещающими породами, а связаны с ними постепенными переходами, поэтому, согласно условиям, внешний однопроцентный рудный контур проводят по результатам опробования.

Детальную разведку залежей осуществляют бурением наклонных скважин, в основном до глубины 200—300 м. Расстояние между разведочными линиями 60—100 м. Опробование керна скважин асбесто-

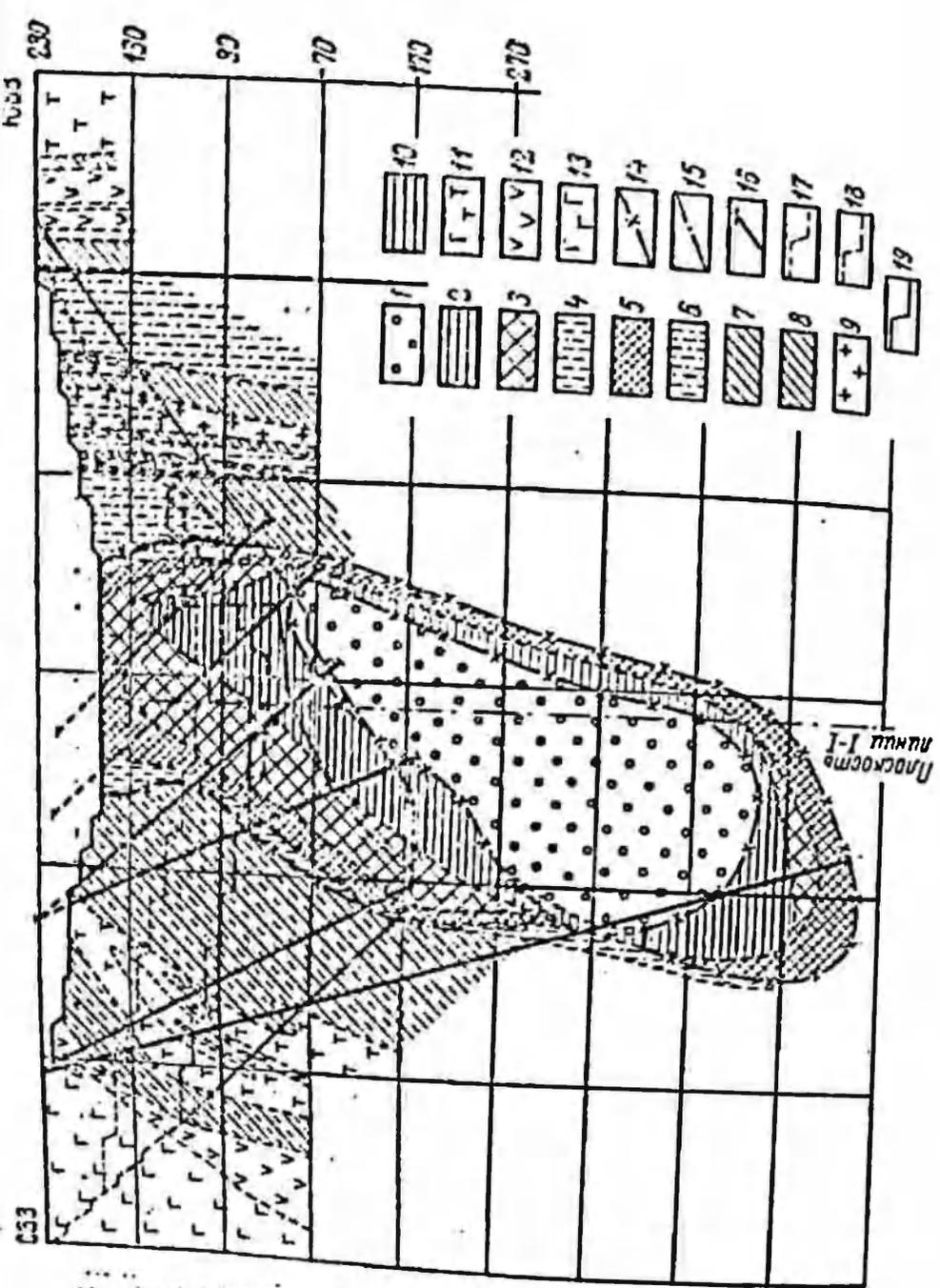


Рис. 41. Геологический разрез по линии 251:  
 1 — перидотиты; 2 — перидотиты с жилами асбеста отороченного типа; 3 — серпентиниты с жилами асбеста крупносеччатого типа; 4 — серпентиниты с жилами асбеста мелкопрожвального типа; 5 — серпентиниты с жилами асбеста мелкосеччатого типа; 6 — серпентиниты с просечками асбеста; 7 — серпентиниты перемятые и расслаиваемые асбестом; 8 — серпентиниты с продольно-волокнистым асбестом; 9 — днориты, гранодиориты, днорит-анциты; 10 — перидотиты с жилами асбеста отороченного типа с непромышленным содержанием асбеста; 11 — серпентино-хлоритовые, тальково-хлоритовые, тальково-карбонатные и родственные им породы; 12 — серпентиниты; 13 — габбро; 14 — однопроцентный контур; 15 — двухпроцентный контур; 16 — разведочные скважины; пробуренные в 1925—1962 гг.; 17 — I этап отработки карьера; 18 — II этап; 19 — III этап.

носной полосы производят интервалами по 10÷15 м. Содержание асбеста и сортность определяют стадийным дроблением материала пробы и последовательным извлечением асбестового волокна с сит, имеющих определенные размеры отверстий.

По условной длине волокна асбеста разделяют на семь геологических сортов.

Количество волокна, отобранного с каждого сита, характеризует выход геологических сортов, а суммарный вес всех сортов, выраженный в процентах к весу пробы, дает общее лабораторное содержание асбеста в руде.

Разработку месторождений хризотил-асбеста ведут открытым способом. На карьерах применяют транспортную систему разработки с внешним расположением отвалов бедных руд и пустых пород. Добычные и вскрышные работы ведут горизонтальными слоями высотой 10—15 м с применением буровзрывных работ.

Горно-подготовительные работы планируют и ведут с таким расчетом, чтобы выполнить план снабжения фабрик рудой, обеспечить фронт работ и подготовку запасов.

Производительность асбестовых карьеров по добыче руды определяется качественной характеристикой залежей и технологическими показателями работы обогатительных фабрик. Для определения качества руды, поступающей из карьеров на обогатительные фабрики, применяют горный анализ.

#### § 34. ЗАДАЧИ ГЕОМЕТРИЗАЦИИ

Постоянное увеличение потребности в сортовой асбесте влечет за собой повышение производительности действующих карьеров и соответственно быструю отработку рудных залежей. Это создает трудности при проектировании, планировании и эксплуатации месторождений.

Повышение экономической эффективности горных работ при добыче и обогащении асбестовых руд требует изучения вопросов рационального использования запасов полезного ископаемого и оптимальных пара-

метров ведения горных работ, что возможно при хорошей изученности месторождений.

Сложное геологическое строение месторождений хризотил-асбеста, значительные размеры залежей, большое их число, высокая изменчивость качественных показателей, множественность сортов асбеста, а также сложная технология обогащения создают трудности при эксплуатации месторождений и требуют проведения геометризации.

Задачей геометризации является выявление закономерностей размещения, распределения качественных показателей в залежах, определение зависимостей между ними с учетом зон асбестоносности и их практического использования.

Применение математических методов и автоматической обработки геологической информации для изучения закономерностей месторождений позволяет сократить время на вычислительные работы, углубить анализ полученных данных и обеспечить наиболее целесообразное направление исследований.

При выполнении работ по геометризации месторождений хризотил-асбеста выявляются общие закономерности: характер зонального строения, изменчивость и распределение в них содержания асбеста, а также взаимные связи качественных показателей. Поэтому решение вопросов геометризации достаточно рассмотреть на примере одного из месторождений.

### § 35. ХАРАКТЕРИСТИКА ИСХОДНЫХ ДАННЫХ

Основным источником информации для геометризации месторождения служат материалы детальной разведки: геологические разрезы масштаба 1:2000; результаты опробования керна скважин; таблицы подсчета запасов асбеста по геологическим разрезам.

Для взаимной связи геологических данных с эксплуатацией залежей используют погоризонтальные маркшейдерские планы горных работ и разрезы масштаба 1:2000. Согласно этим планам на геологических разрезах проводят корректировку контуров отработки.

При решении вопросов увязки качественных особенностей месторождения с данными обогащения используют годовые отчеты геолого-маркшейдерской службы рудоуправления и обогатительных фабрик.

## § 36. СБОР И СИСТЕМАТИЗАЦИЯ МАТЕРИАЛА

Горно-геологическая информация о месторождении представлена результатами опробования скважин детальной разведки с привязкой их к проектным горизонтам отработки, установленным техническим проектом реконструкции карьеров.

При определении качественных закономерностей в залежах требуется применение вычислительной техники. Для этого всю имеющуюся информацию переносят на перфокарты, которые являются зашифрованной копией показателей пробы (рис. 42). Макет перфокарты выполняется с учетом количества необходимых сведений и показателей, используемых в работе, их значности и предполагаемых вариантов расчетов. Перенос данных на перфокарту производят от постоянных признаков к наиболее переменным, а затем к счетным.

Сортировку массива перфокарт производят согласно поставленным задачам (по месторождению, рудоуправлениям, залежам, классам содержания асбеста, горизонтам отработки, с учетом зон асбестоопасности и крыльев залежи).

Затем с помощью счетно-перфорационных машин проводят обработку информации по схемам, показанным на рис. 43, 44.

В программу вычислений входят следующие основные работы:

раздельно, в пределах горизонтов, с учетом контуров отработки карьеров определяют распределение содержания асбеста;

в пределах классовых промежутков вычисляют средние содержания асбеста по семи сортам; для определения качества руды при ее селективной выемке рассчитывают интегральные значения содержания асбеста;

в целях планирования и учета сортового асбеста

а

Заложь	Глубина заложья	Сорта асбеста										Класс	Горизонт	
		I	II	III	IV	V	VI	Σ(I-VI)	VII					
0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0	0 0
1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1	1 1
2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2	2 2
3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3	3 3
4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4	4 4
5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5	5 5
6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6	6 6
7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7	7 7
8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8	8 8
9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9	9 9

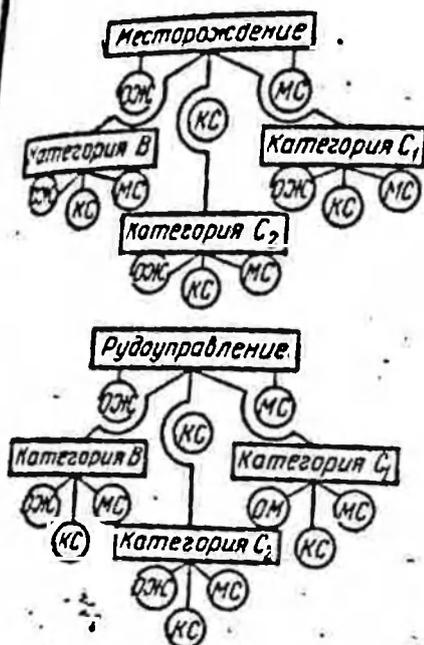
б

Рашифровка результатов перфорации

№ п/п	Показатели	Шифр	Значность чисел
1	Глубинная заложь	12	Двухзначное
2	Категория запасов С <sub>2</sub>	3	Однозначное
3	Разведочная линия	275	Трехзначное
4	Зона отороченных жил	1	Однозначное
5	Западное крыло	2	Однозначное
<b>Содержание асбеста по сортам, %</b>			
6	I — 0,001	001	Трехзначное
7	II — 0,003	003	То же
8	III — 0,005	005	—
9	IV — 0,015	015	—
10	V — 0,024	024	—
11	VI — 2,841	2841	Четырехзначное
12	Σ I-VI — 2,839	2589	То же
13	VII — 1,657	1657	—
14	Σ I-VII — 4,546	4546	—
15	Горизонт 75 м	12	Двухзначное

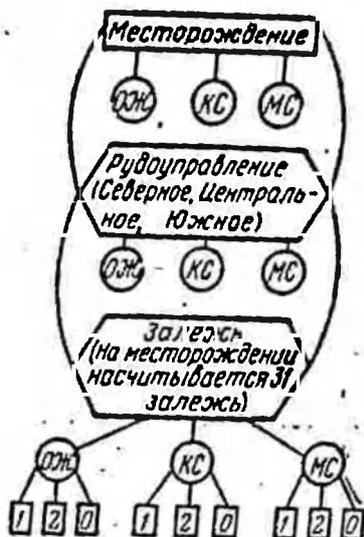
Рис. 42. Макет перфокарты (в целях сокращения времени целые значения содержания асбеста, равные нулю, не перфорировались)

находят зависимости содержания асбеста по сортам от общего среднего содержания —  $\Sigma(I \div VII)$  сорт; для прогнозирования качества руды на нижележащих горизонтах подсчитывают по ним средние значения содержания асбеста.



зоны асбестонасности:  
 ОЖ - Отороченные жилы  
 КС - Крупная сетка  
 МС - Мелкая сетка

Рис. 43. Схема обработки геологических анализов месторождения хризотил-асбеста



зоны асбестонасности Крылья залежей:  
 ОЖ - Отороченные жилы 1 - Восточное крыло  
 КС - Крупная сетка 2 - Западное крыло  
 МС - Мелкая сетка 0 - Торец залежи

Рис. 44. Схема обработки геологических анализов месторождения хризотил-асбеста в пределах горизонтов 230—0 м

### § 37. КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВЫЧИСЛЕНИЯ

Наиболее трудоемким этапом при геометризации месторождений хризотил-асбеста является математическая обработка результатов опробования. Для этой цели используются ЭВМ, например «Минск-14», табулятор, сортировочные, вычислительные клавишные и фактурные машины.

После составления массива перфокарт на сортировочных машинах производят необходимые выборки или нужные в ходе подсчетов группировки карт, а также их систематизацию. Выбранную группу перфокарт направляют в табуляцию, где с перфокарт автоматически считывается интересующая нас информация. Одновременно по соответствующим горизонтальным и вертикальным колонкам перфокарт производят суммирование с выдачей на печать частных и общих итогов.

Для вычисления интегральных и средних значений содержаний асбеста по сортам используют многоклавишные автоматические машины САР-2Щ. Результаты вычислений размножаются на фактурных машинах ФМР, ФМЕ. По проведенным вычислениям получают таблицы распределения общих содержаний асбеста и соответствующие им средние содержания по сортам (табл. 6), которые служат основанием для дальнейших расчетов частоты распределений содержаний асбеста, интегральных значений, а также зависимостей содержаний асбеста по сортам от общего содержания.

Таблица 6

Содержание асбеста, % (классы)	Число проб	Содержание асбеста по сортам, %							
		I-VI	I	II	III	IV	V	VI	VII
0—0,5	456	0,31	—	—	0,01	0,01	0,04	0,25	0,43
0,5—1,0	975	0,80	—	—	0,01	0,03	0,09	0,67	0,96
1,0—1,5	1151	1,25	—	—	0,02	0,05	0,13	1,05	1,36
1,5—2,0	972	1,76	—	0,01	0,03	0,07	0,18	1,47	1,65
2,0—2,5	645	2,24	—	—	0,01	0,09	0,24	1,87	1,99
2,5—3,0	522	2,75	—	0,01	0,05	0,13	0,30	2,26	2,21
3,0—3,5	413	3,24	0,01	0,01	0,07	0,15	0,36	2,64	2,32
3,5—4,0	372	3,75	—	0,02	0,08	0,18	0,41	3,06	2,37
4,0—4,5	300	4,24	0,01	0,02	0,11	0,20	0,49	3,41	2,59
4,5—5,0	261	4,74	—	0,02	0,12	0,22	0,52	3,86	2,77
5,0—6,0	420	5,48	0,01	0,03	0,15	0,29	0,67	4,33	2,78
6,0—7,0	288	6,47	0,01	0,04	0,18	0,35	0,80	5,09	2,93
7,0—8,0	163	7,49	0,01	0,05	0,26	0,42	0,97	5,78	3,10
8,0—9,0	110	8,45	—	0,05	0,28	0,49	1,17	6,46	3,22
9,0—10,0	54	9,49	0,01	0,09	0,41	0,66	1,30	7,02	3,04
10,0—11,0	27	10,47	0,01	0,06	0,43	0,63	1,51	7,83	3,80
11,0—12,0	12	11,59	0,03	0,09	0,49	0,90	1,66	8,42	3,12
12,0—13,0	7	12,26	0,01	0,11	0,80	1,31	2,41	7,62	2,17
13,0—14,0	8	13,66	—	0,20	0,65	1,08	2,08	9,65	3,05
Среднее взвешенное	6975	2,77	—	0,01	0,07	0,14	0,33	2,22	1,86

Наиболее трудоемкими операциями при вычислении зависимостей на ЭВМ являются алгоритмизация и программирование. Согласно заданной программе на ЭВМ вычисляют коэффициенты уравнений связи, значения ординат, необходимых для построения гра-

фиков зависимостей; средние квадратические отклонения индивидуальных и средних значений и корреляционные отношения. При вычислении значений на ЭВМ ошибки могут быть от неправильного ввода программы, от наличия ошибок в исходных данных, от сбоя печатания результатов. Поэтому после получения результатов проводят их проверку сравнением суммы вычисленных содержаний асбеста по сортам с фактическими общими средними содержаниями.

Применение вычислительной техники позволяет обработать большой объем геологической информации, значительно сократить время на вычислительные работы, получить распределение содержаний асбеста, их накопительные значения и определить зависимости качественных показателей во всех залежах с учетом зон асбестоносности, сделать анализ качества руды на горизонтах месторождения.

### § 38. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЙ АСБЕСТА В ЗОНАХ АСБЕСТОНОСНОСТИ

В зависимости от морфологии и расположения жил асбеста в залежах месторождения выделяют пять зон асбестоносности. В пределах анализируемых блоков встречены три зоны: отороченных жил, крупной и мелкой сетки.

Основным показателем, определяющим качество руды, является содержание асбеста, поэтому отдельно по зонам определяют частоты распределений содержаний асбеста и их статические средние. На рис. 45 показано распределение содержаний асбеста по одному участку месторождения.

Анализируя полученные кривые, можно заметить, что по зонам отороченных жил и мелкой сетки они имеют вид правой асимметрии. Распределение содержаний асбеста в зоне крупной сетки имеет вид кривой, близкой к нормальному распределению. Кривая общего распределения содержаний асбеста имеет вид правой асимметрии так как в залежах преобладают руды зон мелкой сетки и отороченных жил.

Кривые распределений наглядно показывают соотношение запасов руды с различными содержаниями асбеста в зонах.

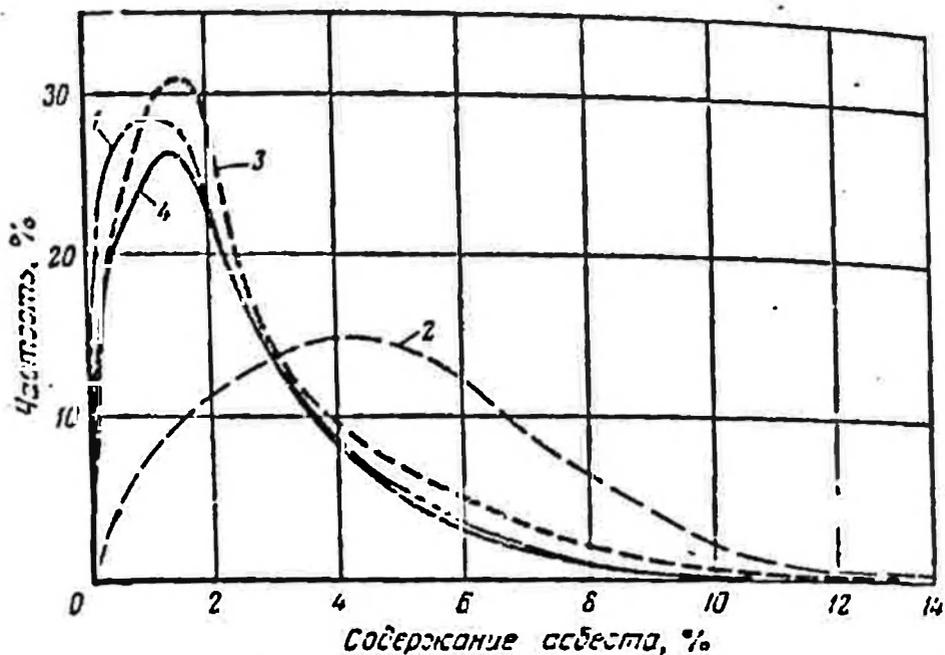


Рис. 45. Кривые распределения содержащий асбеста:  
 1 — отороченные жилы; 2 — крупная сетка; 3 — мелкая сетка; 4 — общая по месторождению

Необходимо также заметить, что и соотношение сортов в зонах различное. Поэтому для обеспечения более точной характеристики рудных блоков геометризацию качественных особенностей месторождения проводят с учетом зон асбестоносности.

### § 39. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ АСБЕСТА В РУДАХ, НАПРАВЛЯЕМЫХ НА ОБОГАТИТЕЛЬНЫЕ ФАБРИКИ И ОТВАЛЫ, С ПОМОЩЬЮ ИНТЕГРАЛЬНЫХ КРИВЫХ

В недрах однопроцентного рудного контура месторождения имеются участки с некондиционным содержанием асбеста, поэтому для обеспечения фабрик рудой планового содержания в карьерах производят селективную добычу, при которой часть руды с низким содержанием асбеста выбирают и направляют на отвал бедных руд или пустых пород, в результате чего содержание асбеста в рудах, предназначенных для фабрик, повышается.

Для качественной характеристики планируемых и добываемых руд данных эксплуатационного опробования становится недостаточно. Поэтому возникла не-

обходимость в более полном использовании материалов детальной разведки. В результате статистического анализа и обработки пятидесяти тысяч проб. были выявлены закономерности в распределении отдельных сортов руд, разработана и внедрена аналитический метод определения качества руды, подаваемой на фабрики и отвалы, без проведения дополнительного опробования [13]. Точность планирования и учета добычи руды с помощью интегральных кривых видна из табл. 7.

Таблица 7

Предприятие	Годы			
	1966	1967	1968	1969
Северное РУ . . . . .	0,95	1,07	1,03	1,01
Центральное РУ . . . . .	1,03	1,06	1,00	1,00
Южное РУ . . . . .	0,94	1,02	1,00	1,02
Комбинат . . . . .	0,99	1,05	1,01	1,00

Применяемый метод дает хорошую сходимость результатов и, следовательно, гарантирует необходимую точность при определении качества руды, вывозимой на фабрики и соответственно в отвалы.

Сущность этого метода заключается в следующем. Для обеспечения фабрик рудой планового содержания часть руды с низким содержанием асбеста выбирается и направляется в отвалы. Следовательно, количество всей добываемой руды по сравнению с тем, которое необходимо для снабжения фабрик, должно увеличиться. Зная распределение содержаний асбеста в рудных блоках, объемы руды, подаваемой на фабрики и в отвалы, а также учитывая ее селективную выемку, можно косвенным методом по интегральным значениям содержаний определить содержание асбеста в рудах, направляемых на фабрики и в отвалы.

Составление интегральных кривых для определения качества руды основано на принципе, по которому при селективной добыче из рудных блоков выбирается руда с содержанием ниже 1% и направляется в отвал, а для фабрик — руда с содержанием выше 1%.

Таблица 8

Классы по содержанию всеста, %	Средние значения	Число проб в классе P <sub>i</sub>	Число проб	Частота P <sub>i</sub> /100	Частота P <sub>i</sub> /100 %	Лактозимная частота, %	Пропандалия (2,3)	Лактозимная значенная пропандалия	Лактозимная содержания всеста в бедных руках (8:4)	Лактозимная значенная	100x(9) <sup>cp</sup>	Распределение всеста, подавая молоко в отделе (10:9)	Распределение всеста, подавая молоко на фабрике (11-12)	Распределение на фабрике, % (100-6)	Лактозимная всеста в руках, подавая или на фабрику (13:14)
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	
0-0,5	0,25	832	832	7,3	7,3	203,0	203,0	0,25	0-0,5	233	1,83	231,2	92,7	9,49	
0,5-1,0	0,75	1883	2715	16,5	23,8	1412,2	1620,2	0,59	0-1,0	233	14,0	219,0	76,6	5,87	
1,0-1,5	1,25	2254	4979	19,8	43,6	2830,0	4450,2	0,89	0-1,5	233	38,8	194,2	56,4	3,44	
1,5-2,0	1,75	1481	6160	12,9	56,5	2591,8	7012,0	1,09	0-2,0	233	61,6	171,4	43,5	3,94	
2,0-2,5	2,25	1123	7583	9,8	66,3	2526,7	9568,7	1,25	0-2,5	233	83,5	149,5	33,7	4,44	
2,5-3,0	2,75	838	8471	7,8	74,1	2442,0	12010,7	1,42	0-3,0	233	105,2	127,8	25,9	4,93	
3,0-3,5	3,25	614	9085	5,4	79,5	1935,5	14006,2	1,51	0-3,5	233	122,4	110,6	20,5	5,40	
3,5-4,0	3,75	537	9622	4,6	81,1	2013,8	16020,0	1,65	0-4,0	233	139,6	93,4	15,9	5,87	
4,0-4,5	4,25	338	10010	3,7	87,8	1619,0	17669,0	1,75	0-4,5	233	151,5	78,5	12,2	6,43	
4,5-5,0	4,75	288	10298	2,5	90,3	1368,0	19037,0	1,85	0-5,0	233	167,0	66,0	9,7	6,79	
5,0-5,5	5,25	256	10564	2,3	92,6	1396,5	20433,5	1,83	0-5,5	233	178,7	51,3	7,4	7,34	
5,5-6,0	5,75	210	10774	1,8	94,4	1207,5	21641,0	2,01	0-6,0	233	189,7	43,3	5,6	7,73	
6,0-7,0	6,5	305	11079	2,7	97,1	1982,5	23623,5	2,13	0-7,0	233	206,8	26,2	2,9	9,03	
7,0-8,0	7,50	148	11227	1,3	98,4	1110,0	24733,5	2,20	0-8,0	233	216,5	16,5	1,6	10,31	
8,0-9,0	8,50	117	11344	1,0	99,4	991,5	25728,0	2,27	0-9,0	233	225,6	7,4	0,6	12,33	
9,0-10,0	9,50	45	11389	0,4	99,8	427,5	26155,5	2,30	0-10,0	233	229,5	3,5	0,2	17,50	
10,0-11,0	10,50	25	11414	0,2	100,0	262,5	26418,0	2,31	0-11,0	233	231,0	2,0	0,0	—	
11,0-12,0	11,50	6	11420	—	—	69,0	26487,0	2,32	0-12,0	233	—	—	—	—	
12,0-13,0	12,50	6	11426	—	—	75,0	26562,0	2,32	0-13,0	233	—	—	—	—	
13,0-14,0	13,50	5	11431	—	—	67,5	26629,5	2,33	0-14,0	233	—	—	—	—	
			11431	100											

Расчет интегральных значений для определения содержания асбеста в рудах, подаваемых на фабрики и в отвалы, проводят по результатам детальной разведки по залежам с учетом зон асбестоносности, а также по категориям, зонам и рудоуправлениям. Все математические вычисления проводят на фабрике механизированного счета. Пример расчета содержания асбеста в зависимости от количества руды, направляемой на фабрики и в отвалы, дан в табл. 8.

При статистическом характере распределения содержания асбеста в залежах месторождения и сравнительно равномерной сетке разведочных выработок распределения числа проб в классах можно выразить в процентах (графа 5) и принять их за вероятности распределения объемов руды. Накопительные значения частотей — за интегральные распределения объемов руды. Значения интегральных содержаний (графа 9) получают как частные от деления накопительных произведений на накопительные частоты.

Интегральные значения содержаний дают возможность определить среднее содержание асбеста в любых накопительных классовых пределах, которые даны в графе 10. Например, при выборе из блока наиболее бедной руды  $P_0$  в количестве 10% вероятное содержание асбеста  $C_0$  в нем составит 0,3% при  $P_0=20\%$ ,  $C_0=0,5\%$ . При отправке из данного блока всей руды в отвал содержание асбеста в нем будет соответствовать последнему значению накопительного содержания.

Для упрощения дальнейших вычислений вес рудной массы в блоке принят условно 10 000 т, так как объемы руды, планируемой для фабрик и отвалов, выражены в процентах, это дает возможность оперировать с любыми объемами в блоках.

Вычисление содержания асбеста в руде, направляемой на фабрики, производят по формуле

$$C_{\Phi} = \frac{P C_{\text{ср}} - P_0 C_0}{P_{\Phi}} \cdot 100, \%$$

где  $P$  — количество руды в блоке;  
 $P_0$  — руда, направленная в отвал бедных руд;  
 $P_{\Phi}$  — руда для фабрик;  
 $C_{\text{ср}}$  — среднее содержание асбеста в блоке;



фабрики и отвалы, составляют график (рис. 46). На нижней абсциссе графика откладывают в процентах выход бедных руд, на верхней — выход количества руды, предназначенной для обогатительных фабрик в процентах, а на оси ординат — процентное содержание асбеста.

Практически при селективной добыче из рудных блоков выбирают наиболее бедную по содержанию асбеста руду и направляют в отвал, за счет этого содержание асбеста в руде, предназначенной для фабрик, повышается. Например, если 19% руды со средним содержанием 0,5% выберем для отвала, то 81% оставшейся руды пойдет на фабрики со средним содержанием 2,7%, что наглядно видно из графика. По этому графику легко решается обратная задача: зная объем руды, вынимаемый в данный период из блока, и плановое содержание асбеста в руде для фабрик, можно определить плановое количество руды, необходимой для переработки на фабрике и отправляемой в отвал бедных руд, а также узнать содержание асбеста в бедных рудах.

В целях сокращения объема чертежных работ и удобства пользования графиками составлены линейные графики.

Анализируя таблицу и график, можно сделать следующие выводы: с увеличением количества вынимаемой из какого-либо блока бедной руды содержание асбеста в оставшейся части увеличивается; количество руды, направляемой на фабрику из определенного рудного блока, уменьшается при увеличении объема выборки для отвала; при селективной добыче с увеличением содержания асбеста в руде, выбранной для отвала, возрастает содержание асбеста в рудах, предназначенных для подачи на фабрики; при планировании, учете добычи и потерь графики позволяют с достаточной степенью точности без проведения дополнительного опробования определять содержание асбеста в рудах, предназначенных для фабрик и отвалов; полученные графики дают возможность проанализировать качество руды в различных залежах по рудоуправлениям, месторождениям и дать наиболее объективную оценку перспективного развития горных работ.

## § 40. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ СОДЕРЖАНИЙ АСБЕСТА ПО СОРТАМ ОТ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ

Планирование и учет добычи асбеста по семи сортам на рудниках представляет большую сложность, так как требует много времени на обработку геологической информации с разделением ее по залежам и зонам асбестоносности.

В результате рассмотрения таблиц распределения общих содержаний асбеста по классам и соответствующих им содержаний по сортам было замечено и доказано наличие зависимостей содержаний асбеста по сортам от общего содержания [13], которые выражались в виде аналитической формы связи типа

$$y = ax^b,$$

где  $y$  — содержание асбеста по сортам;  
 $x$  — общее содержание.

Параметры коэффициентов  $a$  и  $b$  находят из степенного уравнения по способу наименьших квадратов решением нормальных уравнений:

$$\begin{aligned}\Sigma \lg y &= n \lg a + b \Sigma \lg x; \\ \Sigma \lg y \Sigma \lg x &= \lg a \Sigma x + b \Sigma (\lg x)^2,\end{aligned}$$

где  $n$  — число исходных данных.

Решив уравнения, получим:

$$\begin{aligned}b &= \frac{n \Sigma \lg y \lg x - \Sigma \lg y \Sigma \lg x}{n \Sigma (\lg x)^2 - (\Sigma \lg x)^2}; \\ \lg a &= \frac{\Sigma \lg y - b \Sigma \lg x}{n}.\end{aligned}$$

Для вычисления указанных выше параметров необходимо знать порядок решения задачи — переход от исходных данных к результату. Этот порядок определяют численными алгоритмами для определения зависимости содержания асбеста по сортам от общего содержания и вычислениями сортового содержания  $y$  по уравнению связи (табл. 9).

Определение тесноты связи между эмпирическими значениями содержаний сортов асбеста и значениями, вычисленными по уравнениям связи, производят методом корреляционного отношения по формуле

Таблица 9

№п/п	x	y <sub>ф</sub>	lg x	lg y	(lg x) <sup>2</sup>	lg x lg y	Контрольные вычисления				
							b	b lg x	x <sup>b</sup>	a	y = ax <sup>a</sup>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0,295	0,005	-0,530	-2,302	0,280	1,222	.	1,250	0,178	.	0,003
2	0,781	0,009	-0,108	-2,046	0,019	0,221	.	1,847	0,701	.	0,010
.	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	—	.	.	.	.
17	10,413	0,527	1,018	-0,281	1,020	-0,285	.	1,449	28,700	.	.
18	11,618	0,503	1,077	-0,298	1,070	-0,321	.	1,531	34,000	.	.
			9,997	-1,016	8,566	-6,216	.			.	0,403
										.	0,478

Таблица 10

№п/п	y <sub>ф</sub>	y <sub>б</sub>	$\bar{y}$	$\Delta y_{\phi} = y_{\phi} - \bar{y}$	$\Delta y_{\phi}^2$	$\Delta y_{\psi} = y_{\psi} - \bar{y}$	$\Delta y_{\psi}^2$
1	2	3	4	5	6	7	8
1	0,005	0,002	.	-0,171	0,029	-0,174	0,030
2	0,009	0,010	0,176	-0,169	0,029	-0,166	0,028
.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.
17	0,527	0,428	.	0,351	0,124	0,252	0,064
18	0,503	0,502	.	0,327	0,108	0,326	0,106
18	3,176	.	.	.	0,517	.	0,414

$$\eta = \frac{\sigma_{y_b}}{\sigma_{y_\phi}}$$

где  $\sigma_{y_b}$  — среднее квадратическое отклонение вычисленных по аналитическому уравнению значений  $y_b$  от средней величины  $y$  фактических значений,

$$\sigma_{y_b} = \pm \sqrt{\frac{(\Delta y_b)^2}{n}}$$

$\sigma_{y_\phi}$  — среднее квадратическое отклонение фактических значений  $y_\phi$  от их средней  $y$ .

$$\sigma_{y_\phi} = \pm \sqrt{\frac{(\Delta y_\phi)^2}{n}}$$

В табл. 10 приведен алгоритм для определения корреляционного отношения между содержаниями сортового асбеста, вычисленного по уравнению  $y_b$ , и фактическим значениям  $y_\phi$ .

После вычисления коэффициентов производят их проверку сравнением вычисленных значений средних содержаний сортов асбеста в соответствующих классовых пределах с фактическими данными, а также их сумм по шести сортам асбеста, как показано на примере табл. 11, из которой видна хорошая сходимость результатов.

Таблица 11

Сорта асбеста	Вычисленные значения содержания асбеста по сортам, %							
I—III	0,001	0,014	0,027	0,042	0,059	0,078	0,097	0,118
IV	0,009	0,029	0,049	0,075	0,100	0,128	0,157	0,187
V	0,032	0,088	0,141	0,203	0,262	0,326	0,388	0,453
VI	0,267	0,668	1,029	1,433	1,809	2,206	2,584	2,977
I—VI	0,312	0,799	1,246	1,753	2,230	2,738	3,226	3,735
I—VI	0,310	0,800	1,250	1,760	2,240	2,750	3,240	3,750
VII	0,593	0,980	1,242	1,489	1,692	1,886	2,058	2,224

После составления и настройки программы на ЭВМ вычислялись все указанные в алгоритмах параметры. В процессе выполнения данной работы, со-

гласно схемам (см. рис. 43, 44), было решено 575 уравнений. Далее по вычисленным содержаниям сортового асбеста и общим средним строят графики (рис. 47).

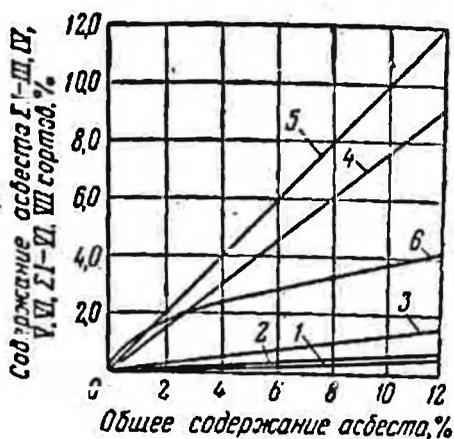


Рис. 47. Зависимость содержания асбеста по сортам от общего содержания:  
 1—Σ I—III сорт; 2—IV сорт;  
 3—V сорт; 4—VI сорт; 5—Σ I—VI сорт; 6—VII сорт

Геометризация месторождения позволила сделать следующие выводы: применение ЭВМ дало возможность обработать большой объем геологической информации и получить зависимости содержания асбеста по сортам от общего среднего содержания; по всем зонам асбестоносности с увеличением общего содержания растет содержание по всем сортам; степень роста содержания каждого сорта обусловлена особенностью зоны, для зон отороченных жил и крупной сетки характерно большее присутствие высоких сортов асбеста, чем в мелкой сетке; зависимости содержания асбеста по сортам от общего содержания позволяют планировать, вести учет добычи и потерь по сортам.

Полученные связи дают возможность определять в зависимости от общего содержания выход асбеста по сортам стоимость 1 т руды и асбеста.

#### § 41. НАХОЖДЕНИЕ ЗАВИСИМОСТИ ВЫХОДОВ АСБЕСТА ОТ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ

Геологическим выходом асбеста определенного сорта считается отношение количества асбеста данного сорта к общему. При таком методе определения выхода асбеста необходимо знать объем руды, а затем подсчитывать количество асбеста.

Известно, что общее содержание асбеста складывается из суммы шести сортов, поэтому выход асбеста по сортам проще подсчитать по формуле

$$B = \frac{C_i}{C_{\Sigma I-VI}} \cdot 100, \% \quad (3)$$

где  $C_i$  — содержание асбеста определенного сорта, %;

$C_{\Sigma I-VI}$  — содержание асбеста по сумме шести сортов, %.

По данным таблиц распределений общих содержаний асбеста и соответствующих им содержаний асбеста по сортам (см. табл. 6) согласно формуле (3) рассчитывают выход асбеста каждого сорта и строят их графики (рис. 48).

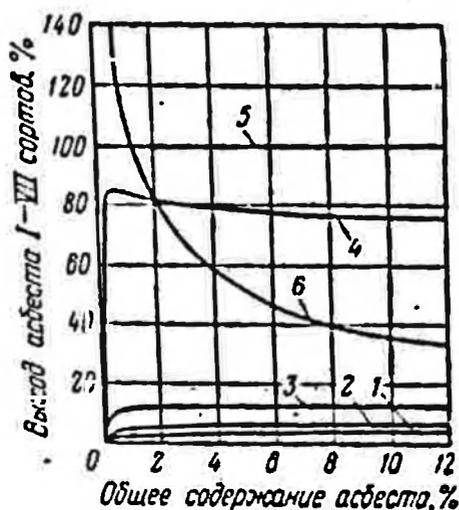


Рис. 48. Зависимость выходов асбеста по сортам от общего содержания:

1 —  $\Sigma$  I—III сорт; 2 — IV сорт;  
3 — V сорт; 4 — VI сорт; 5 —  $\Sigma$  I—VI сорт; 6 — VII сорт

Из графика видно, что с увеличением общего содержания асбеста в руке выходы первых пяти сортов увеличиваются, а шестого сорта — значительно уменьшается. Выход седьмого сорта, который также определяется по отношению к сумме шести сортов, резко падает.

Таким образом, по количеству руды в блоке и среднему содержанию асбеста в ней, пользуясь графиком, можно установить выход и весовое количество каждого сорта.

## § 42. СТОИМОСТЬ РУДЫ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ОБЩЕГО СОДЕРЖАНИЯ В НЕЙ АСБЕСТА

Зная зависимости содержаний сортов асбеста от общего содержания и цену 1 т асбеста каждого сорта, можно вычислить стоимость асбеста в любом объеме руды, если известно его среднее содержание.

При планировании и учете добычи приходится оперировать большими объемами руды. Поэтому во избежание грубых ошибок, которые могут возникнуть в результате округления стоимости асбеста, находящегося в 1 т руды, стоимость его определяется в 100 т руды по формуле

$$P = C_1q_1 + C_2q_2 + \dots + C_6q_6,$$

где  $C_1, C_2, \dots, C_6$  — содержание асбеста по сортам;

$q_1, q_2, \dots, q_6$  — стоимость 1 т асбеста соответствующего сорта.

График зависимости стоимости асбеста в 100 т руды от общего содержания показан на рис. 49. Полученные зависимости стоимости руды от общего содер-

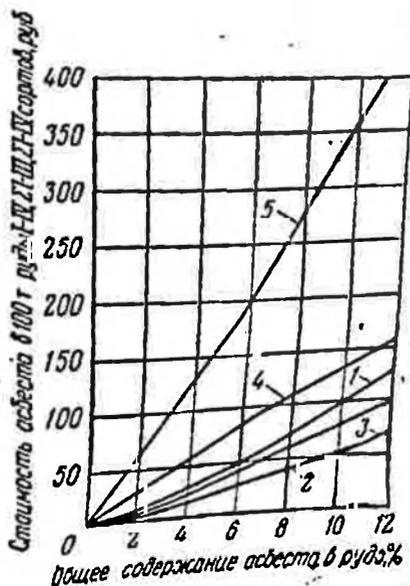


Рис. 49. Зависимость стоимости асбеста в 100 т руды от общего содержания:

1 — Σ I—III сорт; 2 — IV сорт;  
3 — V сорт; 4 — VI сорт; 5 — Σ I—VI сорт

жения дают возможность проводить оконтуривание участков по стоимости руды; по усредненным значениям содержаний определить стоимость руды на определенных площадях и по ним методом изолиний

построить графики; планировать, вести учет добычи и потерь в ценостном выражении, при этом будет учитываться не только количество асбеста, но и его качество.

### § 43. СТОИМОСТЬ 1 т АСБЕСТА В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ЕГО СОДЕРЖАНИЯ В РУДЕ

Для определения стоимости 1 т асбеста, получаемой из руды с определенным его содержанием, необходимо знать стоимость 1 т асбеста каждого сорта и его выход относительно общего содержания. Стоимость 1 т асбеста рассчитывают из выражения

$$\Lambda = \frac{B_1 q_1 + B_2 q_2 + \dots + B_n q_n}{100},$$

где  $B_1, B_2, \dots, B_n$  — выход асбеста по сортам;

$q_1, q_2, \dots, q_n$  — цена 1 т асбеста соответствующего сорта.

Имея выход асбеста по сортам, находящийся в зависимости от общего содержания, можно указанным способом получить стоимость 1 т асбеста при различ-

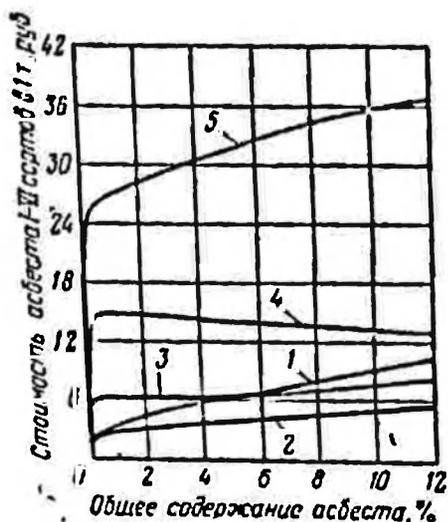


Рис. 50. Зависимость стоимости 1 т асбеста от общего содержания его в руде:  
 1 — Σ I-III сорт; 2 — IV сорт;  
 3 — V сорт; 4 — VI сорт; 5 — Σ I-VI сорт

ных содержаниях его в руде. В качестве примера дан график зависимости стоимости 1 т асбеста от общего содержания его в руде (рис. 50).

Анализ таких графиков показал, что наибольшая

стоимость 1 т асбеста характерна для зоны отороченных жил, затем крупной сетки, минимальная — для зоны мелкой сетки. Полученные зависимости обусловлены насыщенностью зон асбестоносности, высокими сортами и соответствующими ценами на сортовой асбест.

#### § 44. АНАЛИЗ КАЧЕСТВА РУДЫ НА ГОРИЗОНТАХ МЕСТОРОЖДЕНИЯ

В связи с интенсивным развитием горных работ и значительным ежегодным углублением карьеров вопрос изменения качества руд с глубиной имеет важное значение. Результаты детальной разведки не дают ясной картины изменения качества руд с глубиной, так как подсчет запасов производили по блокам залежей, включающей по глубине всю зону асбестоносности.

При определении качества руды на проектных горизонтах использовали также массив перфокарт, составленных по материалам детальной разведки.

После сортировки и табуляции были получены табуляграммы, содержащие номера горизонтов, количество проб и суммы содержаний асбеста на соответствующем горизонте. Затем на вычислительных машинах подсчитывали средние содержания асбеста. Обработку результатов опробования проводили согласно схеме (см. рис. 43).

Уравнения зависимости содержаний асбеста с глубиной определяли с учетом трех зон асбестоносности для Северного, Центрального, Южного участков и в целом по месторождению. Полученные уравнения и графики дали наглядную характеристику качества руды по эксплуатационным слоям; показали изменение качества руды на горизонтах с учетом зон асбестоносности и участков отработки залежей. Они позволили сделать прогноз изменения качества руды с глубиной отработки месторождения.

Итак, на основании проведенной геометризации месторождения хризотил-асбеста изучены основные закономерности пространственного распределения асбеста в залежах и его количественное распределение; найдены взаимные связи качественных показателей;

разработан и внедрен метод планирования и учета качества руды, направляемой одновременно на фабрики и отвалы; детально изучен характер изменчивости содержаний асбеста в залежах, который позволил выбрать наиболее рациональные параметры сети эксплуатационного опробования.

Полученные результаты геометризации месторождений дали возможность: сократить затраты на проведение эксплуатационного опробования; оценить перспективы насыщенности залежей асбестом; производить планирование и учет количества руды при добычных работах; осуществить прогноз качества асбестовых руд с глубиной.

Методика геометризации месторождений хризотил-асбеста может быть использована для решения вопросов геометризации ряда перурдных месторождений полезных ископаемых.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бастан П. П. Исследование процессов усреднения железных руд при открытой добыче. Дисс. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук. Изд. Свердловского горного ин-та, 1971.
2. Аствацатуров Е. Л. К вопросу применения спектрональной фотографии для документации угольных пластов при открытой разработке (Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та горной геомеханики и маркшейдерского дела). Сб. 33, Л., 1969.
3. Богатский В. В. Проблема оценки изменчивости содержания. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья (РПГМС)». М., изд. МГИ, 1969.
4. Букринский В. А. Практический курс геометрии недр. М., «Недра», 1965.
5. Букринский В. А. В сб.: «Вопросы маркшейдерско-геологической службы горных предприятий». М., «Недра», 1968.
6. Вилесов Г. И. Практика геометризации золоторудных месторождений. М., изд. отраслевого бюро техн. информации «Главзолото», 1956.
7. Вилесов Г. И. Геометризация угольных месторождений, разрабатываемых подземным способом. Свердловск, 1957 (Труды Свердловского горного ин-та, вып. XXIX).
8. Вилесов Г. И. Упрощенный метод вычислений при горно-геологических работах. Изв. вузов, «Горный журнал», 1958, № 12.
9. Вилесов Г. И., Ивченко А. Н. Результаты проверки прогнозов, сделанных на основе геометризации одного золоторудного месторождения. Изв. вузов, «Горный журнал», 1964, № 2.
10. Вилесов Г. И. Геометризация золоторудных месторождений. Свердловск, 1968 (Труды Свердловского горного ин-та, вып. 56).
11. Вилесов Г. И. Горнометрические работы на железорудных карьерах. Свердловск, 1970 (Труды Свердловского горного ин-та, вып. 56).
12. Гарбер И. С. Вопросы эксплуатационной геометризации медно-никелевых месторождений Печенги. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Л., изд. ЛГИ, 1969.
13. Диденко И. М. Определение зависимостей содержа-

ния асбеста по сортам от общего среднего. Свердловск, 1966 (Труды Свердловского горного ин-та, вып. 46).

14. Довба А. С. Выбор рациональных систем разработки буроугольных пластов Артемовского месторождения в Приморском крае. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Свердловск, изд. СГИ, 1953.

15. Забродия А. С. и др. Количественная оценка тектонических нарушений шахтных полей. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья». М., изд. МГИ, 1969.

16. Иванов С. Н., Меркулов М. И. Дегтярское колчеданное месторождение. ОНТИ, М.—Л., 1937.

17. Ивченко А. И. Методика геометризации одного из золоторудных месторождений. Свердловск, 1957 (Труды Свердловского горного института, вып. XXIX).

18. Ивченко А. И. Геометризация западной зоны Пышминского месторождения. Изв. вузов, «Горный журнал», 1958, № 2.

19. Ипченко А. И., Гальянов А. В. Влияние усреднения данных опробования на результаты статической обработки. Изв. вузов, «Горный журнал», 1969, № 4.

20. Инструкция по применению классификации запасов к месторождению медных руд. М., Госгеолтехиздат, 1961.

21. Крейтер В. М. Поиски и разведка полезных ископаемых. М., Госгеолиздат, 1940.

22. Кузьмин В. И. Вычисление среднего содержания объемного веса по ограниченному числу определений. Изв. вузов, «Горный журнал», 1961, № 9.

23. Мартынов В. Т., Воларович А. Г. Геологическая фотодокументация подземных горных выработок рудных месторождений. М., «Недра», 1969.

24. Зибодее И. В., Михалевич Д. С. Возможности механизации и автоматизации графических работ в маркшейдерском деле. Сб. 75, Л., 1969. (Труды Всесоюзного научно-исследовательского ин-та горной геомеханики и маркшейдерского дела).

25. Инзгурецкий З. Д., Захаров С. В. Система программ для автоматического построения горпо-геометрических графиков на ЭЦВМ. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья», М., изд. МГИ, 1969.

26. Разумовский И. К. Логарифмический нормальный закон распределения вещества и его свойства. Т. XX. Л., изд. ЛГИ, 1948.

27. Райский П. И. Результаты исследований взаимосвязи между компонентами и закономерность компонентов в железных рудах месторождений Горной Шории. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья». М., изд. МГИ, 1969.

28. Рыжов П. А. Геометрия недр. М., «Недра», 1964.

29. Сидоренко А. В. Успехи геологии и развитие минерально-сырьевой базы СССР. М., «Наука», 1965.

30. Смирнов С. С. Зона окисления сульфидных месторождений. М.—Л., изд-во АН СССР, 1955.

31. Смольников П. А. Из маркшейдерской практики на открытых разработках Магнитогорского железного рудника. М., «Горный журнал», 1940, № 4.

32. Такранов Р. А. Горногеометрический анализ трещиноватости пород в связи с решением геологических и маркшейдерских задач на месторождениях типа Алтын—Топкан. Дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук. Л., изд. ЛГИ, 1965.

33. Татаринов П. М., Артемов В. Р. Месторождения хризотил-асбеста СССР. М., «Недра», 1967.

34. Трофимов А. А. Основы маркшейдерского дела и геометризация недр. М., «Недра», 1970.

35. Уайлд Д. Ж. Методы поиска экстремума. М., «Наука», 1969.

36. Ушаков И. Н. Горная геометрия. М., Госгортехиздат, 1962.

37. Федосеев Б. В. Механизация построения проекций на наклонную плоскость. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья». М., изд. МГИ, 1969.

38. Шехтман П. А. Геометризация как метод геологического анализа закономерностей размещения эндогенных руд. В сб.: «Результаты и перспективы геометризации месторождений минерального сырья». М., изд. МГИ, 1969.

## ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие . . . . .	3
Глава I. Общие сведения о геометризации . . . . .	5
§ 1. Исходные материалы для геометризации и основные требования к ним . . . . .	6
§ 2. Выбор плоскости проекции . . . . .	8
§ 3. Величина сечения рельефа . . . . .	9
§ 4. Геометризация разведочных выработок и линий . . . . .	10
§ 5. Построение и назначение графиков формы залегания . . . . .	12
§ 6. Назначение и построение качественных графиков . . . . .	18
§ 7. Вскрытие закономерностей полезных ископаемых . . . . .	23
§ 8. Графическое прогнозирование . . . . .	23
Глава II. Геометризация угольных месторождений . . . . .	27
§ 9. Основные задачи геометризации и учет геологических особенностей . . . . .	27
§ 10. Геометризация месторождений по данным разведочных скважин . . . . .	31
§ 11. Геометризация угольных месторождений первой группы . . . . .	33
§ 12. Геометризация угольных месторождений второй группы . . . . .	37
§ 13. Геометризация угольных месторождений третьей группы . . . . .	41
§ 14. Геометризация угольных месторождений, разрабатываемых открытым способом . . . . .	45
Глава III. Геометризация медноколчеданных месторождений . . . . .	51
§ 15. Промышленные типы месторождений . . . . .	51
§ 16. Общая схема геометризации медноколчеданных месторождений . . . . .	52
§ 17. Пример геометризации месторождения П — свиты рудных зон . . . . .	54
§ 18. Геометризация медно-никелевого месторождения К . . . . .	67
§ 19. Геометризация медноколчеданного месторождения Д . . . . .	68
Глава IV. Геометризация железорудных месторождений . . . . .	74
§ 20. Особенности месторождений . . . . .	74
§ 21. Статистический анализ данных месторождения . . . . .	75

§ 22. Геометризация железорудного месторождения по данным разведки	71
§ 23. Геометризация месторождения в связи с генеральным пересчетом запасов	82
§ 24. Геометризация месторождений, представленных крупными залежами пластообразной формы	90
§ 25. Геометризация железорудных месторождений, представленных небольшими залежами неправильной формы	100
Глава V. Геометризация золоторудных месторождений	105
§ 26. Основные факторы, влияющие на методику геометризации месторождений	106
§ 27. Методы наглядного изображения форм залегания и качественных особенностей месторождений	112
§ 28. Геометрические графики	115
§ 29. Геометризация месторождения типа А	124
§ 30. Геометризация месторождения типа Б	129
§ 31. Геометризация месторождения типа В	134
§ 32. Геометризация месторождения типа Г	141
Глава VI. Геометризация нерудных месторождений полезных ископаемых	144
§ 33. Горно-геологическая характеристика месторождений хризотил-асбеста	144
§ 34. Задачи геометризации	147
§ 35. Характеристика исходных данных	148
§ 36. Сбор и систематизация материала	149
§ 37. Краткое описание технологии вычислений	151
§ 38. Распределение содержаний асбеста в зонах асбестоносности	153
§ 39. Определение содержаний асбеста в рудах, направляемых на обогатительные фабрики и отвалы, с помощью интегральных кривых	154
§ 40. Определение зависимостей содержаний асбеста по сортам от общего содержания	160
§ 41. Нахождение зависимости выходов асбеста от общего содержания	163
§ 42. Стоимость руды в зависимости от общего содержания в ней асбеста	165
§ 43. Стоимость 1 т асбеста в зависимости от его содержания в руде	166
§ 44. Анализ качества руды на горизонтах месторождения	167
Список литературы	169

*Георгий Иванович Вилсов, Александр Николаевич Ивченко,  
Инна Михайловна Диденко*

**Методика геометризации месторождений**

**Редактор издательства Э. Е. Ненаглядова**

**Технический редактор Н. В. Жидкова**

**Корректор Э. А. Ляхова**

---

Сдано в набор 10/IV 1973 г. Подписано в печать 20/VII 1973 г.  
Т—09962 Формат 81×108<sup>1</sup>/<sub>32</sub>. Бумага № 2. Печ. л. 5,5.  
Усл. печ. л. 9,24. Уч.-изд. л. 8,6. Тираж 1300 экз.  
Заказ № 751/4215-9. Цена 86 коп.

---

Издательство «Недра», 103633, Москва, К-12, Третьяковский  
просад, 1/19

—Московская типография № 32 «Союзполиграфпрома» при  
Государственном комитете Совета Министров СССР по делам  
издательств, полиграфии и книжной торговли.  
Москва, К-51, Цветной бульвар, д. 26.

## УВАЖАЕМЫЕ ТОВАРИЩИ!

В ИЗДАТЕЛЬСТВЕ «НЕДРА» ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ  
НОВЫЕ КНИГИ

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ** породных комплексов. 18 л. 1 р. 25 к.  
Авт. Кузнецов К. К., Митейко А. И., Смородинов М. И. и др.

В книге дана классификация породных комплексов угольных предприятий; рассмотрены перспективные технологические схемы и оборудование новых типов породных комплексов вновь строящихся, реконструируемых и действующих шахт и обогатительных фабрик.

Сформулированы задачи проектирования индивидуальных и центральных (групповых) породных хозяйств, изложены инженерские методы расчета их технологических схем и узлов. Приведена методика выбора рациональных технологических схем, типов и параметров транспортного и отвального оборудования при конкретном проектировании.

Для технико-экономического обоснования проектных решений предложены стоимостные параметры по основным и вспомогательным процессам и узлам индивидуального и централизованного породного хозяйства даны их экономико-математические модели и алгоритмы реализации на ЭВМ, определены основные технические направления по совершенствованию породотвального хозяйства.

Книга предназначена для инженерно-технических работников проектных, научных и шахтостроительных организаций и может быть полезна преподавателям и студентам горных вузов и факультетов.

**СТЕНИН Н. И.** Организация маркшейдерских работ на горных предприятиях. 10 л. 52 к.

В книге обобщены результаты исследований по организации маркшейдерской службы и маркшейдерских работ на горных предприятиях. Дан анализ существующей структуры маркшейдерской службы в горной промышленности СССР и намечены пути ее совершенствования. Подробно рассмотрены вопросы технического нормирования и организации производства основных маркшейдерских работ. Приведены рекомендации по перспективному и текущему планированию маркшейдерских работ на горном предприятии.

Книга предназначена для инженерно-технических работников маркшейдерской службы горнодобывающей промышленности, а также может быть полезна студентам горных вузов и факультетов, обучающихся по специальности «Маркшейдерское дело».

В книге обобщен опыт проектирования и строительства железорудных шахт Урала. Рассмотрены вопросы вскрытия месторождений и проведения капитальных горных выработок.

Особое внимание уделено разработке и возведению надшахтных сооружений, приведен обзор и схемы компоновки надшахтных и башенных копров, надшахтных зданий, приемных бункеров, резервных рудных складов. Рассмотрены случаи реконструкции надшахтных копров с направляющими шкивами, а также башенные копры, часть которых характеризуется оригинальными планировочно-конструктивными решениями.

Приведена технико-экономическая характеристика построенных и строящихся на Урале железорудных шахт. Показаны перспективы развития подземной добычи руд на предприятиях сырьевой базы черной металлургии Урала.

Книга предназначена для широкого круга инженерно-технических работников горнорудной промышленности, занимающихся проектированием и строительством шахт.

Условные обозначения для горной графической документации.  
23 л. 2 р. 77 к.

Альбом условных знаков, разработанных ВНИИИ и утвержденных Госгортехнадзором СССР, состоит из четырех частей.

В первой (общей) части указаны нормативно-технические документы, послужившие основой разработки новых условных знаков, даны алфавитные указатели объектов изображения для отыскания соответствующих им условных знаков и сокращенных их названий, даны общие правила пользования условными знаками. Во второй части приведены условные знаки для чертежей исходной документации, в третьей части — условные знаки для чертежей производной документации. Таблицы содержат 2450 условных знаков (из которых 1775 — черно-белые, 675 — цветные), что соответствует 2051 объекту в натуре. В четвертой части в приложениях пояснены способы построения надписей на чертежах, воспроизведения цветов в опорной шкалы, приведен перечень планов горных выработок карьеров и даны буквенные обозначения элементов деформации и сдвижения горных пород под влиянием разработок.

Альбом предназначен для широкого круга геологов и маркшейдерско-исследовательских институтов и студентов горных и геологических — работников горнодобывающих предприятий, проектных и учебных вузов.

*Интересующие Вас книги Вы можете приобрести в местных книжных магазинах, распространяющих научно-техническую литературу или заказать через отдел «Книга—почтой» магазинов:*

№ 17 — 199178. Ленинград, В. О., Средний проспект, 61;

№ 59 — 127412. Москва, П-412, Коровинское шоссе, 20.

ИЗДАТЕЛЬСТВО «НЕДРА»