

**ПОИСКИ И РАЗВЕДКА  
МЕСТОРОЖДЕНИЙ  
ПОЛЕЗНЫХ  
ИСКОПАЕМЫХ  
ЛАБОРАТОРНЫЙ  
ПРАКТИКУМ**

**ВЫСШЕЕ  
ОБРАЗОВАНИЕ**

**INFANATA.ORG**

# ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

## ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ

*Допущено  
Государственным комитетом СССР  
по народному образованию  
в качестве учебного пособия  
для студентов геологических  
специальностей вузов*



МОСКВА «НЕДРА» 1989

ББК 26.325  
П 41  
УДК 550.812

Авторы: *В.В. Аристов, Б.Г. Безирганов, А.Я. Бортников, Д.С. Крейтер, П.И. Кушнарев, А.Н. Роков, П.П. Ясковский*

Рецензенты: кафедра месторождений полезных ископаемых и их разведки Университета дружбы народов; д-р геол.-минер. наук *Д.И. Горжевский*

**Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых:**  
П 41 **Лабораторный практикум: Учеб. пособие для вузов/В.В. Аристов, Б.Г. Безирганов, А.Я. Бортников и др. — М.: Недра, 1989. — 191 с.: ил.**

ISBN 5-247-00782-4

Рассмотрены основные принципы проведения лабораторных занятий, приведены задания к ним по методам поисков и прогнозу полезных ископаемых, проектированию и методике поисковых и разведочных работ на отдельных стадиях, опробованию и документации, оценке прогнозных ресурсов и подсчету запасов твердых полезных ископаемых. В каждом задании указаны тема, исходные материалы, лабораторная база, основные вопросы, последовательность выполнения и примеры решения. В приложении даны справочные материалы, указания по составлению методических разделов в курсовых и дипломных проектах.

Для студентов геологических специальностей вузов.

П 1804050000 — 370 86—89  
043(01)—89

ББК 26.325

ISBN 5-247-00782-4

© Издательство "Недра", 1989

Лабораторный практикум по поискам и разведке месторождений полезных ископаемых издается впервые. До настоящего времени были изданы лишь сборники задач: "Руководство для практических занятий по курсу поиски и разведка месторождений полезных ископаемых" (В.В. Аристов, Ф.П. Кренделев, Д.С. Крейтер и др., М., Высшая школа, 1965); "Задачник для лабораторных занятий по курсу поиски и разведка месторождений полезных ископаемых" (Е.О. Погребницкий, С.В. Парадеев, Г.С. Поротов и др., М., Недра, 1977); "Сборник задач по геологоразведочному делу" (Г.Г. Милосердина, М., изд-во МГУ, 1961). Кроме того, известно много методических указаний и сборников задач по курсу поиски и разведка месторождений полезных ископаемых, изданных внутри вузов, где ведется подготовка инженеров-геологов по специальности 0101 "Геологическая съемка, поиски и разведка месторождений полезных ископаемых".

В данном учебном пособии, в отличие от сборников задач, рассмотрены основные принципы и примеры выполнения заданий по определенным разделам и темам учебного курса. Ориентируясь на эти примеры, студент или начинающий геолог может самостоятельно решать учебные задачи в лабораториях и в процессе прохождения учебных практик, а также выполнять производственные полевые и камеральные работы.

Для преподавателя примеры заданий могут служить основой для разработки новых заданий с данными по определенным регионам и конкретным месторождениям полезных ископаемых.

Лабораторный практикум составлен по материалам лабораторных занятий, которые проводятся на старших курсах геологоразведочных факультетов кафедрами методики поисков и разведки месторождений полезных ископаемых в Московском геологоразведочном институте им. С. Орджоникидзе и Ереванском государственном университете.

Задания выполняют в специальных лабораториях: лаборатории геологических, минералогических и геохимических методов поисков; лаборатории разведки месторождений полезных ископаемых; лаборатории геологической документации и опробования полезных ископаемых.

В первом разделе настоящего учебного пособия приведены задания по методам поисков, разработке прогнозов полезных ископаемых, методике поисков и поисково-оценочных работ, предварительной оценке объектов. В заданиях второго раздела рассмотрены вопросы разведки месторождений полезных ископаемых: требования к изученности минерального сырья; методика составления геолого-прогностической основы; оценка сложности строения рудных образований; выбор

разведочных систем и технических средств разведки; обоснование разведочной сети. Третий раздел посвящен геологической документации и опробованию проявлений и месторождений полезных ископаемых. Во всех заданиях объектами изучения являются только твердые полезные ископаемые. В Приложении даны указания по составлению методических разделов в курсовых и дипломных проектах.

Раздел I Лабораторного практикума написан В.В. Аристовым, Б.Г. Безиргановым, Д.С. Крейтером и А.Н. Роковым, раздел II — П.П. Ясковским и П.И. Кушнаревым, раздел III — А.Я. Бортниковым.

# РАЗДЕЛ I

## ПОИСКИ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Поиски полезных ископаемых — процесс прогнозирования, выявления и предварительной оценки месторождений полезных ископаемых, заслуживающих постановки разведочных работ. В процессе достижения конечных объектов поисков приходится выявлять, изучать и оценивать промежуточные объекты — региональные аномальные поля (перспективные зоны) развития предпосылок и признаков определенных видов полезных ископаемых, а также локальные аномальные поля (перспективные площади) развития признаков полезных ископаемых и собственно проявлений полезных ископаемых.

### Глава 1

#### МЕТОДЫ ПОИСКОВ

##### Общие положения

Выявление, изучение и оценка промежуточных и конечных объектов осуществляются с помощью методов поисков, общая классификация которых приведена в табл. 1.

Методы поисков полезных ископаемых изучают в специальной лаборатории геолого-минералогических и геохимических методов.

В данном разделе приведены задания для лабораторных занятий по некоторым группам методов поисков, разработке прогнозов полезных ископаемых, проектированию и методике поисковых работ, а также по предварительной оценке перспективных объектов.

Таблица 1

Классификация современных дистанционно-контактных методов поисков твердых полезных ископаемых

Методы	Преимущественно дистанционные		Преимущественно контактные	
	Космические: со спутников, межпланетных кораблей, планетоходов	Воздушные (аэрометоды): с самолетов, вертолетов, дирижаблей, десанты	Наземные и подземные: пешеходные, с автомобилей, вездеходов	Подводные: с кораблей, подводных судов, аквалангистами

*Группа методов по характеру изучаемых полей*

Геологические	Визуальные наблюдения,	Визуальные наблюдения,	Геологическая съемка, поиско-	Геологическая съемка, поиско-
---------------	------------------------	------------------------	-------------------------------	-------------------------------

Методы	Преимущественно дистанционные		Преимущественно контактные	
	Космические: со спутников, межпланетных кораблей, планетоходов	Воздушные (аэрометоды): с самолетов, вертолетов, дирижаблей, десанты	Наземные и подземные: пешеходные, с автомобилей, вездеходов	Подводные: с кораблей, подводных судов, аквалангистами
Минералогические	дешифрирование КФС Минералогическое опробование поверхности планет	дешифрирование АФС Минералогическое опробование в десантном варианте	выс маршруты Методы выявления и оценки проявлений полезных ископаемых (на выходах, в горных выработках и скважинах). Методы выявления и оценки минералогических аномалий в рыхлых отложениях (валунноледниковый, обломочно-речной, шлиховой, шлихогеохимический), в коренных породах (минералогическая съемка, протоочно-шлиховой). Методы выявления и оценки аномалий химико-физических свойств минералов (ЭПР, ЯМР, люминесцентный и др.)	выс маршруты Шлиховой и шлихогеохимический методы
Геохимические	Космоспектрональный, космо-ядерно-геохимический, космолитохимический	Аэроспектрональный, аэрорадиометрические (аэрогаммаметрический, аэрогаммаспектрометрический), аэроатмогео-	Литохимический: по рыхлым отложениям; по коренным породам. Гидрохимический: по поверхностным водам; по подземным водам. Биогеохи-	Литохимический по рыхлым отложениям, по коренным породам. Гидрохимический. Радиохимический. Ядерно-геохимический

Методы	Преимущественно дистанционные		Преимущественно контактные	
	Космические: со спутников, межпланетных кораблей, планетоходов	Воздушные (аэрометоды): с самолетов, вертолетов, дирижаблей, десанты	Наземные и подземные: пешеходные, с автомобилей, вездеходов	Подводные: с кораблей, подводных судов, аквалангистами
		химические, аэрозольные, геохимическое опробование в десантном варианте	мический, атмосферический. Радиогеохимические: гаммаметрический, гаммаспектрометрический. Ядерно-геохимический	
Геофизические	Съемки: магнитная, ИК (тепловая), радиолокационная (радарная), ультрафиолетовая, лазерная	Аэромагнитометрический, аэроэлектрометрический, аэроинфракрасный, аэрогравиметрический	Магнитометрический, гравиметрический, сейсмометрический, электрометрический, термометрический, биофизический	Магнитометрический, гравиметрический, сейсмометрический
	<i>Группа методов проверки и поисков</i>			
Горно-буровые	Бурение на поверхности планет	Проходка горных выработок и бурение скважин в десантном варианте	Проходка горных выработок и бурение скважин	Проходка горных выработок и бурение скважин

### Геологические методы

Геологические методы рассматриваются на примерах геолого-поискового дешифрирования материалов дистанционных съемок, а также наземной региональной геологической съемки.

На основании геолого-поискового дешифрирования космофотоснимков (КФС) оконтуривают региональные геологические структуры, которые могут быть перспективными для поисков определенных видов полезных ископаемых.

**Задание 1 г/л\*.** Дешифрирование КФС с целью выявления главных черт геологического строения крупного региона и прогноза

\*Индексы заданий: г/л – геологические, м/л – минералогические, г/х – геохимические, г/ф – геофизические; м/п – по методике поисков, к/п – составление карт прогноза, о/р – по оценке ресурсов.

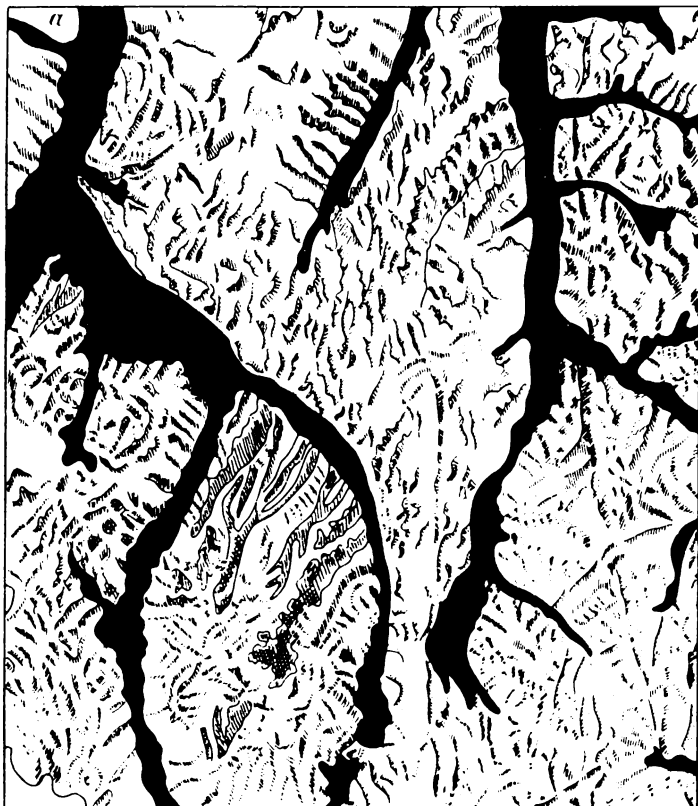


Рис. 1. Фрагмент синтезированного космического снимка горного района (а) нога полезных ископаемых (масштаб 1 : 500 000) :

1 – четвертичные отложения речных и древних ледниковых долин и нижних частей соответствующие глубинным разломам; 4 – четко дешифрируемые разрывные магматических очагов; 6 – перспективные зоны (аномальные региональные связанные с гранитоидами

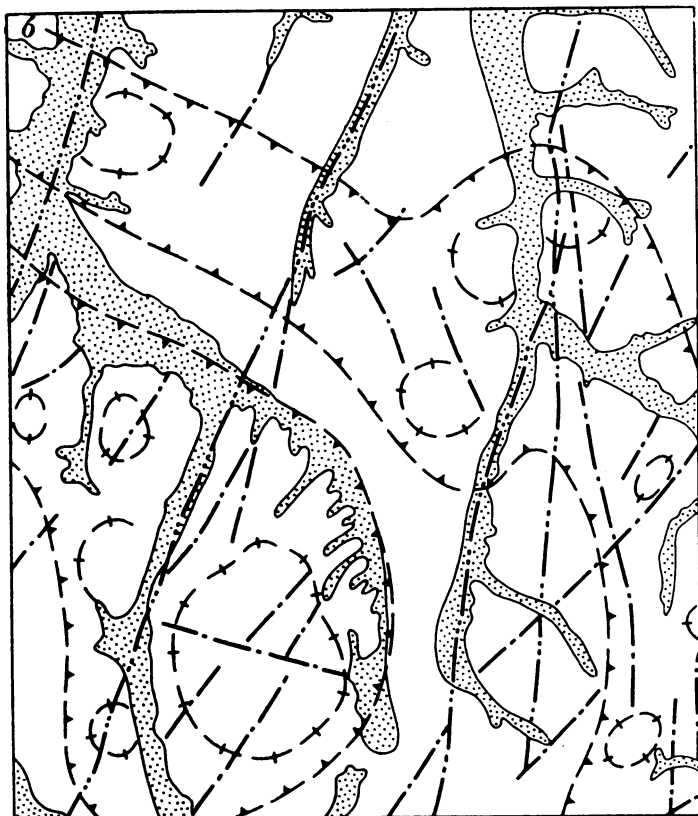
закономерностей размещения полезных ископаемых в его пределах.

Исходные материалы: фрагмент синтезированного космического снимка горного района (рис. 1,а); стереоскопы.

Основные вопросы:

составить структурно-тектоническую схему дешифрирования КФС; выделить на схеме перспективные зоны для проведения геологической съемки и поисков полезных ископаемых.

Пример выполнения задания. На основании дешифрирования КФС в районе установлены многочисленные разрывные нарушения, выраженные спрямленными участками речных долин, уступами, пря-



и структурно-тектоническая схема его дешифрирования (б) с элементами прогнозов; 2 – нижнемеловые вулканогенно-осадочные породы; 3 – линеаменты, нарушения; 5 – кольцевые структуры, связанные в основном с формированием (ля) для прогноза и поисков эндогенного оруднения (олово, вольфрам и др.),

молиейными границами между различными формами рельефа. Отмечено преобладание разрывов северо-восточного и северо-западного простираний. По спрямленным участкам долин крупных рек, а на водоразделах по концентрации второстепенных прямолинейных элементов рельефа намечаются глубинные разломы, разделяющие территорию на крупные тектонические блоки. Концентрические структуры с поперечником 10–20 км обусловлены интрузивами гранитоидов, с которыми могут быть связаны месторождения олова, вольфрама и других полезных ископаемых. Выделены перспективные зоны для их поисков (рис. 1, б).

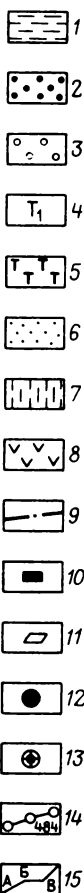
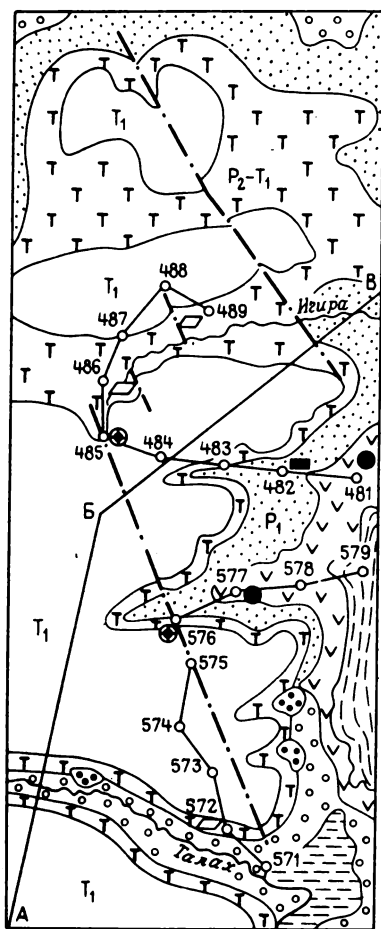
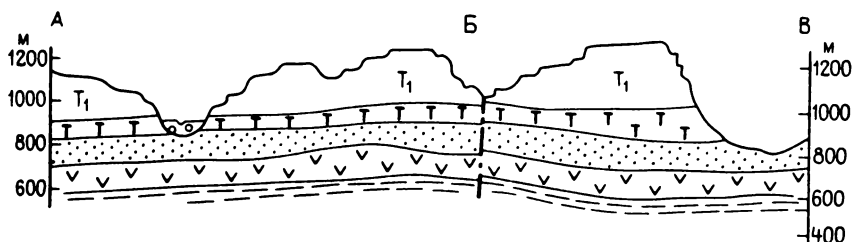


Рис. 2. Фрагмент геологической карты участка платформы:

1-3 - современные отложения: 1 - озерно-болотные суглинки и торфяники, 2 - пролювиальные валунники, щебень, 3 - аллювиальные пески, галечники; 4 - туфы, туффиты, базальты ( $T_1$ ); 5 - базальтовые шаровые лавы, туффиты, туфы ( $P_2 - T_1$ ); 6 - алевролиты, песчаники, углистые аргиллиты, угли ( $P_1$ ); 7 - аргиллиты, песчаники ( $C_3$ ); 8 - раннетриасовые пластовые интрузии долеритов, толеитовых долеритов, микродолеритов; 9 - разрывные нарушения; 10 - 13 - проявления полезных ископаемых: 10 - каменный уголь, 11 - исландский шпат, 12 - пирротин, халькопирит, 13 - галенит, сфалерит; 14 - геологические и поисковые маршруты с пунктами наблюдения; 15 - линия разреза



**Задание 2 г/л.** Наземная геологическая съемка. Имитация полевых маршрутных наблюдений (магнитофонная запись), геологических и поисковых наблюдений, выполняемых при региональной геологической съемке.

В процессе наземной геологической съемки любого масштаба (осо-

бенно первых стадий) производятся не только геологические, но и поисковые наблюдения. При изучении естественных и искусственных обнажений горных пород, свалов их глыб и обломков в рыхлых отложениях фиксируют все признаки полезных ископаемых, отбирают пробы для определения их практического значения. Документация наблюдений ведется в полевых книжках или на магнитной ленте портативных магнитофонов.

Исходные материалы: геологическая карта масштаба 1 : 200000 с данными о проявлениях полезных ископаемых и с линиями маршрутов (рис. 2).

Лабораторная база: портативные магнитофоны типа "Днепр" или других типов.

Основные вопросы:

изучить легенду к геологической карте;

выбрать маршрут для документации геологических и поисковых наблюдений;

продиктовать записи наблюдений на магнитофон по каждой точке маршрута;

переписать на машинке или на карточку (или в полевую книжку) запись с магнитной ленты.

Пример выполнения задания.

Обн. 571. Верховья р. Талах. На заболоченной поверхности различаются современные отложения в виде озерно-болотных суглинков и торфяников, а также аллювиальных песков и галечников.

Обн. 572. К северо-западу от обн. 571 в крутом обрыве долины обнажаются базальтовые шаровые лавы, содержащие скопления прозрачных кристаллов исландского шпата желтого цвета. Отдельные кристаллы и их обломки встречаются среди развалов обломков и глыб шаровых лав, образующих веер рассеяния вниз по склону. Взяты образцы кристаллов исландского шпата (пакет в мешке 5, №м/л 572) и шаровых лав (мешок 6, № п/г 572).

Обн. 573. Выше по склону к северу от обн. 572 встречаются обломки и щебенка туфов и туффитов базальтового состава.

Обн. 574. К северо-западу от обн. 573 на водоразделе обнажены и туффиты базальтового состава: цвет их темно-серый до черного, текстура плотная, местами пористая, залегание пологое (углы падения 5–10 %). Взять образцы туфов и туффитов. (мешок 12, №п/г 574).

Обн. 575. Ниже по склону и к северо-востоку от обн. 574 продолжают обнажения и развалы глыб и обломков базальтовых туфов и туффитов.

Обн. 576. В южном борту сухой долины (к северо-западу от обн. 575) обнажен контакт базальтовых туфов с шаровыми лавами. В туфах выявлены гнезда и прожилки галенита и сфалерита. Размер их колеблется от 0,5 до 5 см. Они приурочены к наиболее трещиноватым участкам породы. Взяты образцы туфов с прожилками сульфидов (мешок 13, №м/л 576).

Обн. 577. К северо-востоку от обн. 576 и ниже по склону обнажены долериты с вкрапленниками пирротина и халькопирита (0,5–2,0 см). Вблизи этого обнажения – развалы обломков и щебня, в которых встречаются вкрапленники этих же сульфидов. Взять образцы долеритов с вкрапленниками пирротина и халькопирита (мешок № 20, № м/л 577).

Обн. 578. Западнее обн. 577 продолжают выходы долеритов.

Обн. 579. К северо-востоку от обн. 578 встречены обнажения аргиллитов и песчаников верхнего карбона (?); в породах заметны отпечатки флоры и фауны, которые могут быть определены только в лабораторных условиях. Взятые образцы аргиллитов и песчаников с признаками флоры и фауны (мешки 25, 26, № ф 579).

Конец маршрута.

Задание для самостоятельной работы: маршрут 481–489.

### Минералогические методы

Минералогические методы включают метод выявления и оценки проявлений полезных ископаемых по их выходам на поверхности, а также методы выявления и оценки минералогических аномалий в рыхлых отложениях (валунно-ледниковый, обломочно-речной, шлиховой).

**Задание 1 м/л.** Метод выявления и оценки проявлений полезных ископаемых по их выходам на поверхности предусматривает определение эндогенных и экзогенных минералов, изучение пустот выщелачивания и установление количественных соотношений минеральных образований. Минералы изучают макроскопически, а также под бинокулярным микроскопом с применением простейших микрохимических реакций (например, на свинец, олово и др.), люминескопов, ядерно-физических приборов. В необходимых случаях на выходе полезного ископаемого отбирают пробы-протоочки для получения шлиха, в котором определяют полезные минералы.

Выходы полезных ископаемых могут быть практически неизменными, частично измененными, значительно измененными.

Исходные материалы: коллекция образцов полезных ископаемых, отобранных с их выходов на поверхности; контрольные образцы; схематические геологические карты, на которых указаны места отбора контрольных образцов.

Лабораторная база: лаборатория геолого-минералогических и геохимических методов поисков; коллекции каменного материала; приборы и реактивы для определения минералов; иллюстративные материалы.

Основные вопросы:

изучить коллекцию образцов полезных ископаемых;

изучить контрольные образцы и определить эндогенные и экзогенные минералы, пустоты выщелачивания;

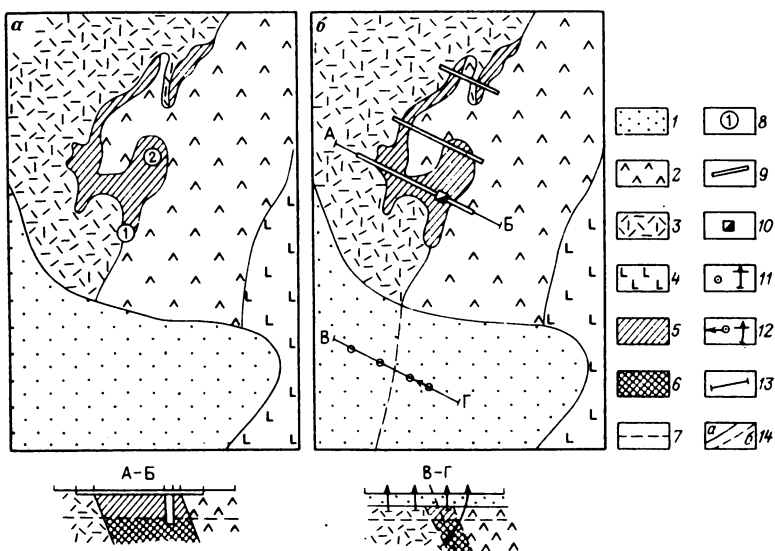


Рис. 3. Схема геологического строения участка медноколчеданного месторождения (а) и проект поисково-оценочных работ (б):

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2–4 – девонские образования: 2 – порфири-ты, 3 – риолиты, 4 – габбро-диориты; 5 – зона окисления медноколчеданных руд; 6 – первичные сульфидные руды; 7 – граница зоны окисления; 8 – места взятия образцов руды из зоны окисления (для самостоятельного определения); 9–13 – проектируемые работы: 9 – каналы, 10 – шурфы, 11 – скважины картировочные, 12 – скважины поисковые, 13 – поисковый профиль; 14 – геологические границы (а – прослеженные, б – прогнозируемые)

произвести геолого-минералогическую интерпретацию результатов изучения контрольных образцов и сопоставить их с геологическими данными;

провести предварительную оценку объекта;  
составить проект поисково-оценочных работ.

**Пример выполнения задания.** Участок сложен вулканическими образованиями девона, прорванными габбро-диоритами и перекрытыми рыхлыми отложениями. Вдоль контактовой поверхности порфиритов и липаритов прослежены выходы зоны окисления рудопроявления. В образцах руд определены минералы (лимонит, малахит, азурит, ярозит), позволяющие предполагать на глубине наличие первичных медно-колчеданных руд (рис. 3,а).

Для оценки рудопроявления проектируются магистральные каналы и один глубокий шурф, которым должен быть вскрыт весь разрез зоны и верхняя часть первичных сульфидных руд. В основании зоны окисления возможно обнаружение горизонта вторичного обогащения, в том числе и золотого (см. рис. 3,б).

Для проверки рудоносности контактовой поверхности вулкани-

тов, погребенной под рыхлыми отложениями, проектируется профиль картировочных и поисковых скважин.

**Задание 2 м/л.** Обломочно-речной и валунно-ледниковый методы поисков: 1) выявление и изучение обломков (валунов, галек) полезных ископаемых или обломков горных пород с признаками полезных ископаемых в аллювии речных долин и в ледниковых отложениях; 2) прослеживание потоков или ореолов рассеяния подобных обломков до участков, где они исчезают в рыхлых отложениях. (Здесь намечаются площади для поисков коренных залежей полезного ископаемого.)

Исходные материалы: карты с данными о распределении обломочного материала (с признаками полезного ископаемого) в рыхлых отложениях.

Лабораторная база: лаборатория геолого-минералогических и геохимических методов поисков; альбом карт с данными о распределении обломочного материала с признаками полезных ископаемых в речной долине; иллюстративный материал.

Основные вопросы:

нанести на геологическую карту контур веера потока или ореола рассеяния валунов, галек, обломков с полезным ископаемым;

выделить перспективную площадь для поисков коренных источников полезного ископаемого;

составить проект поисковых работ.

Примеры выполнения задания.

1. При проведении маршрутов по долинам данного района использовался обломочно-речной метод поисков, в процессе которого были обнаружены валуны и гальки светлоокрашенного нефрита. Места их скопления отмечены на карте, отобраны образцы и пробы для последующего изучения (рис. 4,а). В итоге прослежены потоки рассеяния обломков нефрита до участков, где они исчезают в аллювии. Здесь на склонах долин обнаружен контакт гранитов с доломитами кембрия. На основании этих данных прогнозируется зона возможных коренных нефритопоявлений, околтурена площадь для проведения поисковых работ (см. рис. 4,б).

2. В районе развития ледниковых отложений выявлены валуны габбро-норитов, в том числе с признаками сульфидного оруденения (рис. 5,а). При поисках валунов использовались служебные собаки, помогавшие обнаруживать валуны среди болотистой равнины с многочисленными озерами. Форма веера рассеяния рудных валунов, а также направление движения ледниковых масс позволяют предполагать наличие коренных проявлений медно-никелевого оруденения в северо-восточном углу района (см. рис. 5,б). Для выявления коренных рудных залежей проектируются поисковые профили, по которым должны быть проведены магнитометрические и электрометрические съемки, а затем — бурение картировочных и поисковых скважин или пройдены глубокие траншеи.

Шлиховой метод применяется для выполнения и оконтуривания ореолов и потоков рассеяния мелкой фракции минералов полезных

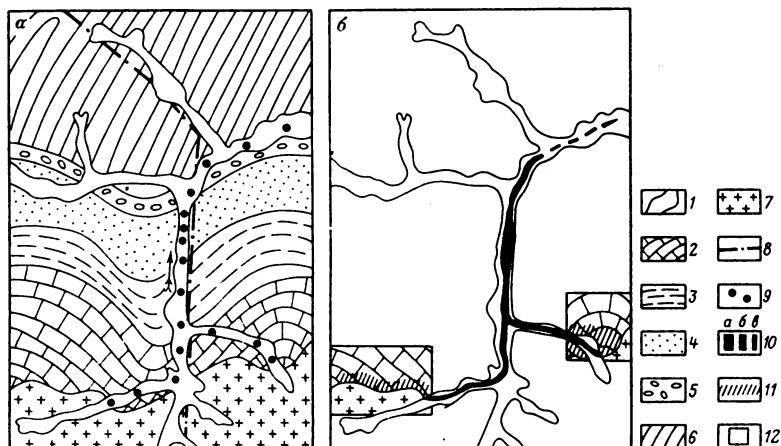


Рис. 4. Схема геологического строения района развития обломков нефрита в речных долинах (а) и схема прогноза положения перспективных площадей для поисков коренных проявлений нефрита (б):

1 – границы четвертичных аллювиальных отложений; 2–5 – кембрийские образования: 2 – известняки и доломиты, 3 – глинистые сланцы, 4 – песчаники, 5 – конгломераты; 6, 7 – протерозойские образования: 6 – кристаллические сланцы и гнейсы, 7 – граниты; 8 – разрывные нарушения; 9 – гальки и валуны нефрита; 10 – потоки рассеяния галек и валунов нефрита в аллювии в различной концентрации (а – высокой, б – средней, в – низкой); 11 – зона возможной локализации коренных залежей нефрита; 12 – контуры перспективных площадей

ископаемых и их спутников в аллювиальных, склоновых или прибрежно-морских отложениях с целью поисков коренных и россыпных месторождений полезных ископаемых, устойчивых в экзогенной зоне.

Применяется также протолочно-шлиховой метод, основанный на получении искусственных шлихов из коренных пород и полезных ископаемых.

Масса шлиховой пробы колеблется от 25 до 150 кг, масса пробы-протолочки – от 1 до 10 кг. Промывку проб ведут в лотках, бутарах, вашгердах, винтовых сепараторах, ящиках с грохотом. Обработка и анализ шлихов производится в полевых и стационарных лабораториях.

**Задание 3 м/л.** Изучение поисковых ассоциаций минералов шлихов, характеризующих различные формационные и промышленные типы месторождений.

Исходные материалы: коллекции отдельных фракций шлихов, взятых из аллювиальных отложений районов развития месторождений определенного типа – алмазонасных кимберлитов; золотоносных кварцевых жил и штокверков; оловоносных и вольфрамоносных жил, рудных зон и штокверков; свинцово-цинковых залежей и др.

Лабораторная база: стационарная лаборатория минералогических и геохимических методов поисков в институте;

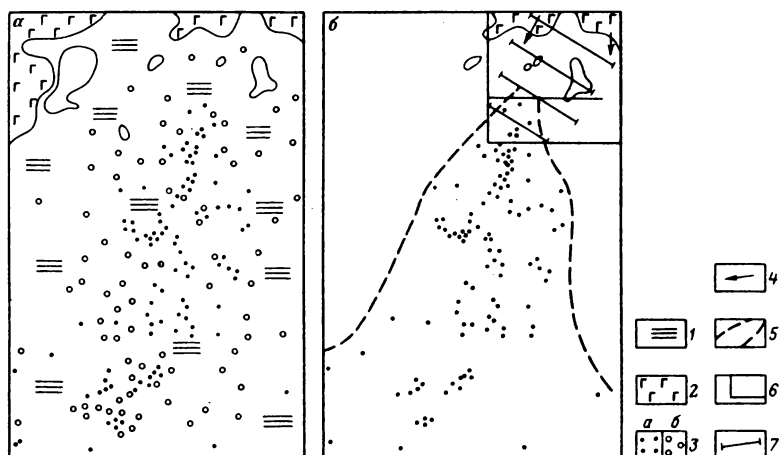


Рис. 5. Геолого-геоморфологическая схема района развития ледниковых отложений (а) и схема прогноза положения площади коренного медно-никелевого оруденения (б) :

1 – озерно-болотные отложения, перекрывающие ледниковые морены; 2 – габбро-нориты; 3 – ледниковые валуны габбро-норитового состава (а – с пирротитом и халькопиритом, б – без сульфидов); 4 – направление ледниковых штрихов; 5 – границы веера рассеяния ледниковых валунов; 6 – контуры площади, перспективной для поисков коренного медно-никелевого оруденения; 7 – проектируемые профили комплексных геолого-геофизических и буровых работ

бинокулярные микроскопы МБС-9; люминескопы типа ЛСП-101; магнитный сепаратор СЭМ-1; эталонные коллекции шлихов; табличные и иллюстративные материалы.

Основные вопросы:

ознакомиться с эталонной коллекцией отдельных фракций (электромагнитной, тяжелой) шлихов из районов развития указанных полезных ископаемых;

изучить конкретный шлик и самостоятельно определить поисковую ассоциацию минералов;

описать отдельные минералы ассоциации (цвет, морфология, степень окатанности, сростки с другими минералами), сделать выводы о возможных коренных источниках и их формационной принадлежности.

При работе используют следующие материалы: таблицы диагностики минералов отдельных фракций шлиха (табл. 2); таблицы эталонных ассоциаций минералов шлихов, отобранных из районов развития различных формационных и промышленных типов месторождений (табл. 3); альбом рисунков и фотографий шлиховых минералов.

Результаты минералогического анализа шлихов оформляют в виде сводных шлихоминералограмм (рис. 6,а), на которых указывают данные о минералах отдельных фракций шлиха:

минералах полезных ископаемых;



Цвет	Блеск	Прозрачные минералы			Полупрозрачные минералы, просвечивающие в осколках			Непрозрачные минералы				
		Изометричные и дипирамидальные	Призматические	Таблитчатые, пластинчатые	Изометричные и дипирамидальные	Призматические	Таблитчатые, пластинчатые	Изометричные и дипирамидальные	Призматические	Таблитчатые, пластинчатые		
Серый	Жирный металлический	Ксенохим									Платина, осмистый иридий	
Черный	Алмазный	Хромшпиделиды									Эвксенит, ортит, ильменит, колумбит, танталит	
	Полуметаллический	Роговая обманка									Ильменорутит, самарскит эшинит	
Бесцветный	Металлический	Биотит, флогопит									Гематит, вольфрамит	
	Стеклообразный	Этирин, роговая обманка									Турмалин мит	
Жирный	Алмазный	Алмаз	<i>Тяжелая фракция</i>									
	Жирный	Шеелит	Шеелит, Церуссит смитсонит									
Желтый	Стеклообразный	Оливин, апатит, топаз, силлиманит, андалузит									Ванадинит Брукит, Касситерит сфалерит	
	Жирный	Шеелит	Марказит,									Золото

Бурий	Металлический Алмазный	Вульфенит, Цирколит Касситерит Циркон Пирохлор	Пиррохлор Торит	пирит, халькопирит
Зеленый	Жирный Полуметаллический Шелковистый		Бисмутит	Лопарит, торшанит
Красный, розовый, сиреневый	Стекло-ный Алмазный	Флюорит, шпинель Вульфенит	Шпинель Киноварь, Рутил вульфенит	Малахит, скородит, бисмутит Торбернит Вульфенит
Синий, голубой	Стекло-ный Алмазный Перламутровый	Циркон Шпинель, флюорит Анаказ	Азурит	Азурит
Серый	Стекло-ный Алмазо-видный Металлический	Корунд Целестин Корунд	Бисмутит Церуссит	Арсенолит-рит Антимонит, висмутин Галенит, марказит Лопарит Рутил
Черный	Полуметаллический	Перовскит	Рутил	Рутил

Эталонные ассоциации минералов шлихов из районов различных  
формационных и промышленных типов

Месторождения	Минеральные ассоциации в шлихах		
	Минералы по- лезных иско- паемых	Минералы-спут- ники	Минералы продук- тивных горных по- род
Алмазоносных кимберлитов	Алмаз	Пироп, хромшпи- нелиды, хромди- оксид, пикроиль- менит	Оливин, флогопит, магнетит, перовскит
Хромитов, плати- ны	Магнохромит, хромшпинели- ды, платина, ос- мистый иридий	Оливин	Пироксены
Магнетит-ильме- нитовых руд	Магнетит, титано- магнетит, ильме- нит	Гематит, рутил	Шпинель
Медно-никелевых руд	Пентландит, пир- ротин, халько- пирит, минера- лы платины	Магнетит, ильме- нит	
Апатит-нефелино- вых руд	Апатит, нефелин	Титаномагнетит, титанит	Эгирин, эвдиалит, калиевый полевой шпат
Скарновой фор- мации: железородных (магнетитовых) с кобальтом	Магнетит	Гематит, кобаль- тин, пирит	Пироксены, амфи- болы, гранаты (ан- драдит-гроссуляр), эпидот, кальцит, кварц
меднородных	Халькопирит	Пирротин	Пироксен, гранат (гроссуляр-андрадит)
молибден-воль- фрамовых	Шеелит, молиб- денит	Магнетит, пирро- тин, халькопирит, сфалерит, висму- тин	Пироксен, гранат
Редкометалльных гранитных пегма- титов	Берилл, колум- бит-танталит	Ортит, монацит	Турмалин, апатит, гранат
Хрусталеносных гранитных пегма- титов	Кварц	Калиевый поле- вой шпат, топаз, берилл, флюо- рит, фенакит, ор- тит	Циркон, монацит, apatит, гранат
Железородные в карбонатах	Магнетит	Пирротин, пиро- хлор, бадделеит, циркелит	Апатит, форстерит, флогопит, карбонаты
Редкометалльные	Пирохлор, ко-	Паризит, циркелит,	Карбонаты, пироксе-

Месторождения	Минеральные ассоциации в шлихах		
	Минералы полезных ископаемых	Минералы-спутники	Минералы продуктивных горных пород
в карбонатах	лумбит, гатчетолит, бадделит, бастнезит	магнетит	ны, апатит, амфиболы
Редкометалльные альбититы в мисках	Пирохлор, циркон	Апатит, ильменит	Альбит, полевой шпат, эгирин
Редкометалльные в амазонитовых гранитах	Колумбит-танталит, пирохлор-микролит	Топаз, флюорит	Амазонит, лепидолит
Вольфрам-бериллиевые в грейзенах	Берилл, вольфрамит	Топаз, флюорит, арсенопирит, висмутин, касситерит	Кварц, слюды
Оловорудные (касситерит-кварцевые)	Касситерит	Топаз, флюорит, сульфиды	Кварц, циннвальдит
Вольфрам-молибденовые	Молибденит, вольфрамит	Пирит, халькопирит, галенит, сфалерит, флюорит, родохрозит	Кварц, калиевый полевой шпат
Золоторудные : золото-кварцевые	Золото	Арсенопирит, пирит, шеелит, турмалин, флюорит	Кварц, барит
золото-сульфидные	Золото	Пирит, арсенопирит, галенит, сфалерит, магнетит	—
Свинцово-цинковые	Галенит, сфалерит	Пирит, пирротин, халькопирит, тетраэдрит	Кварц, кальцит, сидерит
Полиметаллические колчеданные	Пирит, сфалерит, галенит, халькопирит	Пирротин, барит, арсенопирит, блеклые руды	Кварц, барит, кальцит
Сурьмяно-ртутные или ртутные	Киноварь, антимонит	Пирит, галенит, сфалерит, барит	Кварц

минералах-спутниках;  
минералах фона (т.е. горных пород).

Для решения вопроса о возможном развитии кор выветривания и россыпей шлихоминералограммы дополняют специальными номограммами значений коэффициента устойчивости минералов в экзогенных условиях (см. рис. 6,б).

**Задание 4** м/л. Составление шлиховой карты и выделение перспективных площадей для постановки поисковых работ.

а			
Фракция	Минералы	Содержание	Форма зерен
Тяжелая	Золото	■	
	Пирит	■	
	Барит	■	
	Шеелит	■	
	Рутил	■	
	Циркон	■	
	Анализ	■	
	Апатит	■	
	Брукит	■	
Электромагнитная	Ильменит	■	
	Эпидот	■	
	Роговая обманка	■	
	Титанит	■	
	Гранат	■	
	Лимонит	■	
Магнитная	Магнетит	■	

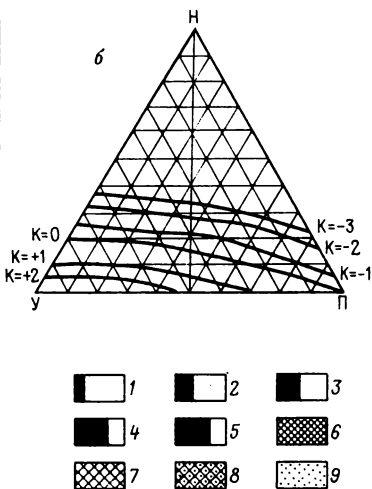


Рис. 6. Графическое оформление результатов минералогического анализа шлихов из рыхлых отложений (а – шлихоминералограмма, б – номограмма Момджи – Блинова):

1–5 – содержания минералов в шлихах (в знаках – зернах): 1 – единичные знаки, 2 – 1, 3 – 1–10, 4 – 10–50, 5 – более 50; 6–9 – минералы различной принадлежности: 6 – полезного ископаемого, 7 – спутники генетические, 8 – спутники гравитационные (аллювиальные), 9 – фоновые.

Вершины треугольной номограммы Момджи–Блинова соответствуют положению минералов с различной устойчивостью к выветриванию: У – устойчивые (лимонит, рутил, циркон, анатаз, золото, шеелит, брукит и др.), П – промежуточные (магнетит, ильменит, эпидот, роговая обманка, титанит, гранат, барит, апатит и др.)

Исходные материалы: геологическая карта с данными шлихового опробования речной системы; журнал результатов минералогического анализа шлихов.

Основные вопросы:

по журналу выделить ассоциации минералов: полезных ископаемых; спутников генетических; спутников аллювиальных (фоновых); составить шлихоминералограмму (по ранее указанным формам, см. рис. 6);

составить шлиховую карту ленточным способом, выделив аномалии минералов полезных ископаемых и их генетических спутников;

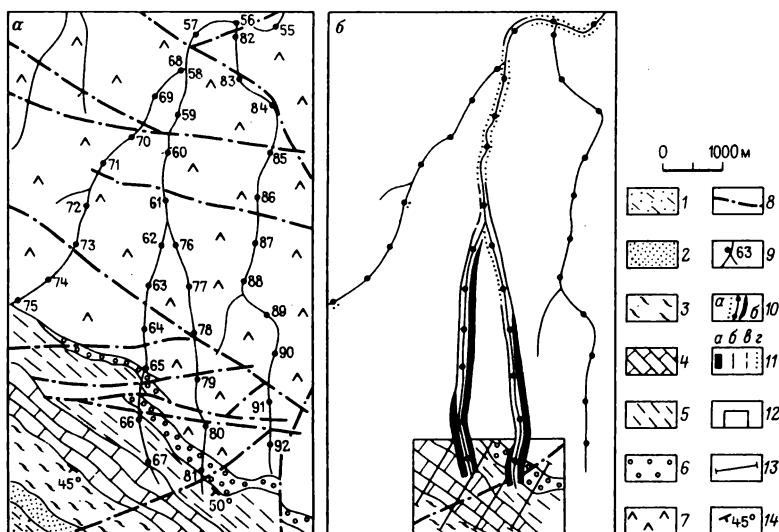


Рис. 7. Схематическая геологическая карта района с данными о шлиховом опробовании аллювиальных отложений речной сети (а) и шлиховая карта района (б), составленная ленточным способом:

1-6 – верхнемеловые образования: 1 – глины с линзами мергелей, 2 – песчаники, 3 – глинистые сланцы, 4 – известняки и доломиты, 5 – алевролиты, 6 – конгломераты; 7 – нижнемеловые андезиты и их туфы; 8 – разрывные нарушения; 9 – шлиховые пробы; 10 – шлиховые потоки рассеяния киновари (а) и барита (б); 11 – содержания минералов в шлиховых потоках (в  $г/м^3$ ): а – более 1, б – 0,1–1,0, в – 0,01–0,1, г – менее 0,01; 12 – контур перспективной площади для поисков ртутного оруденения; 13 – поисковые профили; 14 – элементы залегания

о контурировать перспективную площадь для поисков месторождения, соответствующего типу минеральной ассоциации шлихов.

Пример выполнения задания. В районе развития вулканогенно-осадочных отложений проведено шлиховое опробование аллювия речной сети (рис. 7,а). При минералогическом анализе шлихов выявлены 12 минералов, содержания которых в исходной пробе показаны в таблице (табл. 4). Главный полезный минерал – киноварь, ее спутники – барит, галенит, пирит. На составленной ленточным способом шлиховой карте указаны только два минерала – киноварь и барит (см. рис. 7,б).

Концентрация киновари и барита в аллювиальных потоках постепенно увеличивается вверх по течению двух центральных долин (с севера на юг). На основании этого возможно прогнозировать положение перспективной площади, в пределах которой ожидается выявление ртутного оруденения. Наиболее вероятные локализирующие породы – известняки и доломиты под экраном глинистых сланцев.

По намеченным поисковым профилям рекомендуется постановка

## Минеральный состав шлихов

Номера проб	Магне-тит	Ильме-нит	Лимо-нит	Тита-нит	Эпидог	Циркон	Рутил	Кванит	Киноварь	Барит	Галенит	Пирит
50	+	+	+++	+	+	+	+	+	+	++	+	X
51	+	-	X	+	-	+	+	-	++	++	-	X
52	+	+	X	-	-	+	-	-	++	++	+	X
53	+	+	XX	-	+	-	+	+	++	++	-	XX
54	+	-	X	+	-	+	-	-	++	++	+	XX
55	+	-	X	+	+	+	+	-	+	++	-	X
56	+	+	XX	+	+	+	-	-	++	++	+	XX
57	+	+	X	+	-	-	-	-	X	-	-	-
58	+	+	X	+	-	+	-	+	++	++	-	X
59	+	-	X	-	-	-	+	-	++	++	-	X
60	+	+	XX	-	-	+	-	-	++	++	+	X
61	+	+	XX	-	-	-	+	-	++	++	-	XX
62	+	+	X	-	+	-	-	-	X	X	+	XX
63	+	-	XX	+	-	-	-	+	X	XX	+	XX
64	+	+	++	-	+	+	+	-	X	XX	+	X
65	+	-	XX	-	-	-	-	-	X	XX	+	XX
66	+	+	X	-	-	-	+	-	X	XX	+	XX
67	+	+	++	+	-	+	-	-	X	XX	+	XX
68	+	+	XX	-	+	+	-	-	XX	XX	+	XX
69	+	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-	X
70	+	-	++	-	-	-	-	-	-	-	-	XX
71	+	+	X	+	-	-	-	-	-	-	-	X
72	+	-	++	+	+	+	+	-	-	+	-	X
73	+	-	X	-	-	+	-	+	-	-	-	-
74	+	+	XX	-	-	+	X	-	-	-	-	++
75	+	-	XX	-	+	-	-	-	-	+	-	XX
76	+	-	X	-	-	-	-	-	+	X	-	+
77	+	+	XX	-	+	-	-	-	++	X	+	++

78	XX	-	+	+	-	+	+	-	+	+	-	+	+	X	-	+	+	XX
79	XX	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	+	+	+	XX
80	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
81	XX	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
82	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
83	++	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
84	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
85	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
86	++	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
87	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
88	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
89	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
90	++	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
91	++	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
92	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
93	X	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
94	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX
95	XX	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	XX	-	+	+	XX

Примечание. Содержание минерала (г/м<sup>3</sup>): -- менее 0,001; + 0,001; ++ 0,001 - 0,01; +++ 0,01 - 0,1; X 0,1 - 1; XX 1.

литохимического опробования, горных работ (магистральных канав) и бурения.

Для самостоятельной работы составить шлиховую карту распределения галенита (по табл. 4).

### Геохимические методы

Геохимические методы поисков применяют для выявления, оконтуривания и оценки геохимических полей с целью прогноза и поисков месторождений полезных ископаемых. Геохимические методы включают следующие основные операции: отбор, обработку и анализ геохимических проб, выбор элементов-индикаторов, статистическую обработку результатов анализов, графическое изображение результатов, геологическую интерпретацию геохимических полей и аномалий. Выделяются различные геохимические методы — дистанционные, контактные и контактно-дистанционные. В этих методах используют различные варианты выполнения перечисленных выше операций: первый вариант — выполняют все операции; второй вариант — исключается обработка проб; третий вариант — исключается отбор и обработка проб, которые заменяются непосредственными измерениями параметров геохимического поля [1, 20].

Изучение геохимических методов поисков включает следующие задания: лабораторная подготовка литохимических проб к анализу; анализ проб на спектрографах, атомно-абсорбционных и рентгенорадиометрических приборах; статистическая обработка данных геохимического опробования с применением микрокалькуляторов и по программам на ЭВМ; составление геохимических карт и разрезов; решение задач по определению геохимической зональности и глубины эрозийного среза геохимических аномалий и оруденения; оценка прогнозных ресурсов по геохимическим данным.

**Задание 1 г/х.** Лабораторная подготовка литохимических проб к анализу.

Исходные материалы: литохимические пробы.

Лабораторная база: приборы и механизмы для измельчения и растирания проб в лаборатории минералогических и геохимических методов.

Основные вопросы: растереть пробы из рыхлых отложений в микроступках "Микрон"; раздробить, измельчить и растереть пробы из коренных пород в дробилках, валках, микроступках; отобрать навески для анализов.

**Задание 2 г/х.** Спектральный анализ литохимических проб (выполняется в спектральной лаборатории).

**Задание 3 г/х.** Атомно-абсорбционный анализ литохимических проб (выполняется в лаборатории минералогических и геохимических методов на приборах).

**Задание 4 г/х.** Рентгенорадиометрический анализ литохимических

Выборка для определения местного геохимического фона и аномальных содержаний элементов-индикаторов

Номера проб	Содержание, %		
	Sn	Pb	Zn
1	0,0001	0,005	0,010
2	0,0020	0,005	0,020
3	0,0002	0,007	0,010
4	0,0005	0,008	0,020
5	0,0004	0,010	0,010
6	0,0002	0,002	0,010
7	0,0003	0,005	0,005
8	0,0006	0,003	0,005
9	0,0020	0,002	0,003
10	0,0010	0,002	0,003
11	0,0006	0,001	0,003
12	0,0003	0,003	0,004
13	0,0010	0,001	0,010
14	0,0009	0,006	0,010
15	0,0009	0,009	0,006
16	0,0006	0,003	0,006
17	0,0010	0,003	0,007
18	0,0002	0,002	0,004
19	0,0020	0,002	0,010
20	0,0006	0,003	0,010
21	0,0010	0,003	0,020
22	0,0005	0,010	0,005
23	0,0001	0,004	0,005
24	0,0002	0,003	0,005
25	0,0002	0,003	0,010
26	0,0005	0,010	0,003
27	0,0005	0,001	0,003
28	0,0001	0,001	0,003
29	0,0009	0,001	0,006
30	0,0005	0,001	0,006
31	0,0001	0,001	0,003
32	0,0001	0,003	0,003
33	0,0001	0,001	0,003
34	0,0003	0,009	0,009
35	0,0009	0,005	0,006
36	0,0020	0,004	0,005
37	0,0001	0,004	0,004
38	0,0003	0,008	0,003
39	0,0003	0,006	0,010
40	0,0002	0,006	0,005
41	0,0010	0,004	0,006
42	0,0009	0,001	0,004

проб (выполняется в лаборатории минералогических и геохимических методов на приборах).

Задание 5 г/х. Статистическая обработка данных геохимического

Таблица 6

Журнал результатов спектрального анализа литохимических проб,  
отобранных из коренных пород по разрезу слепого рудного тела

Номер пробы	Содержание, %			Номер пробы	Содержание, %		
	Sn	Pb	Zn		Sn	Pb	Zn
1	0,0001	0,001	0,002	48	0,0003	0,02	0,02
2	0,0001	0,001	0,002	49	0,001	0,01	0,04
3	0,0004	0,001	0,002	50	0,001	0,005	0,01
4	0,0003	0,0005	0,02	51	0,002	0,004	0,02
5	0,004	0,0001	0,001	52	0,002	0,006	0,015
6	0,006	0,0002	0,001	53	0,003	0,008	0,015
7	0,001	0,0005	0,02	54	0,003	0,01	0,015
8	0,001	0,004	0,03	55	0,002	0,01	0,01
9	0,002	0,004	0,03	56	0,002	0,01	0,02
10	0,001	0,005	0,04	57	0,002	0,006	0,01
11	0,002	0,004	0,03	58	0,003	0,008	0,01
12	0,002	0,004	0,03	59	0,001	0,004	0,01
13	0,003	0,006	0,03	60	0,001	0,004	0,01
14	0,002	0,008	0,04	61	0,0004	0,003	0,01
15	0,003	0,006	0,05	62	0,0005	0,002	0,002
16	0,003	0,009	0,05	63	0,0003	0,001	0,002
17	0,003	0,02	0,05	64	0,0004	0,002	0,001
18	0,003	0,018	0,06	65	0,0006	0,0005	0,003
19	0,004	0,02	0,05	66	0,0004	0,0006	0,002
20	0,005	0,01	0,06	67	0,0003	0,0006	0,002
21	0,004	0,009	0,1	68	0,0002	0,001	0,01
22	0,003	0,01	0,1	69	0,0001	0,001	0,01
23	0,001	0,02	0,1	70	0,0001	0,0005	0,01
24	0,001	0,02	0,1	71	0,0002	0,0006	0,01
25	0,002	0,02	0,2	72	0,0002	0,0006	0,01
26	0,004	0,03	0,2	73	0,004	0,0002	0,002
27	0,006	0,03	0,2	74	0,003	0,0002	0,002
28	0,005	0,1	1	75	0,001	0,01	0,02
29	0,01	0,1	1	76	0,001	0,01	0,03
30	0,006	0,1	1	77	0,001	0,01	0,04
31	0,007	0,1	1	78	0,001	0,015	0,05
32	0,006	0,02	1	79	0,004	0,015	0,002
33	0,005	0,02	0,1	80	0,0008	0,02	0,06
34	0,005	0,01	0,1	81	0,0008	0,02	0,06
35	0,003	0,02	0,03	82	0,001	0,02	0,06
36	0,003	0,02	0,03	83	0,001	0,01	0,08
37	0,004	0,03	0,04	84	0,002	0,01	0,1
38	0,004	0,03	0,04	85	0,002	0,02	0,1
39	0,004	0,04	0,05	86	0,003	0,02	0,08
40	0,003	0,02	0,05	87	0,002	0,01	0,06
41	0,002	0,01	0,05	88	0,001	0,04	0,06
42	0,001	0,01	0,04	89	0,002	0,05	0,05
43	0,001	0,02	0,04	90	0,003	0,05	0,04
44	0,001	0,03	0,05	91	0,003	0,06	0,06
45	0,002	0,03	0,06	92	0,004	0,07	0,08
46	0,0002	0,04	0,05	93	0,004	0,05	0,1
47	0,0004	0,04	0,03	94	0,005	0,04	0,06

Продолжение табл. 6

Номер пробы	Содержание, %			Номер пробы	Содержание, %		
	Sn	Pb	Zn		Sn	Pb	Zn
95	0,006	0,05	0,08	144	0,0001	0,0006	0,03
96	0,004	0,05	0,08	145	0,003	0,02	0,03
97	0,005	0,04	0,1	146	0,003	0,01	0,03
98	0,01	1,0	1,0	147	0,002	0,01	0,02
99	0,1	1,0	1,0	148	0,001	0,02	0,02
100	0,01	1,0	1,0	149	0,001	0,005	0,03
101	0,01	0,06	0,08	150	0,004	0,02	0,03
102	0,006	0,1	0,09	151	0,004	0,01	0,04
103	0,006	0,05	0,1	152	0,006	0,01	0,06
104	0,004	0,04	0,06	153	0,005	0,01	0,06
105	0,006	0,02	0,05	154	0,004	0,01	0,03
106	0,006	0,02	0,04	155	0,004	0,04	0,09
107	0,003	0,04	0,1	156	0,006	0,02	0,08
108	0,003	0,02	0,06	157	0,005	0,06	0,1
109	0,003	0,03	0,06	158	0,003	0,04	0,06
110	0,004	0,03	0,06	159	0,004	0,04	0,06
111	0,003	0,06	0,05	160	0,004	0,02	0,08
112	0,003	0,05	0,08	161	0,006	0,03	0,08
113	0,002	0,06	0,09	162	0,006	0,03	0,1
114	0,002	0,05	0,09	163	0,005	0,04	0,08
115	0,001	0,01	0,1	164	0,006	0,04	0,08
116	0,0004	0,01	0,06	165	0,01	1,0	1,0
117	0,001	0,01	0,08	166	0,1	1,0	1,0
118	0,001	0,01	0,09	167	0,01	1,60	1,0
119	0,002	0,03	0,1	168	0,006	0,06	0,09
120	0,002	0,01	0,1	169	0,004	0,1	0,1
121	0,004	0,005	0,1	170	0,004	0,06	0,08
122	0,004	0,006	0,1	171	0,004	0,04	0,08
123	0,003	0,008	0,6	172	0,003	0,02	0,01
124	0,004	0,004	0,08	173	0,004	0,02	0,08
125	0,004	0,005	0,06	174	0,006	0,03	0,06
126	0,003	0,006	0,06	175	0,003	0,02	0,04
127	0,003	0,003	0,06	176	0,002	0,02	0,04
128	0,004	0,002	0,05	177	0,002	0,01	0,04
129	0,003	0,001	0,04	178	0,002	0,01	0,06
130	0,001	0,005	0,04	179	0,001	0,005	0,08
131	0,001	0,005	0,04	180	0,001	0,01	0,06
132	0,0008	0,001	0,03	181	0,002	0,01	0,06
133	0,0008	0,0005	0,03	182	0,001	0,01	0,05
134	0,0006	0,0006	0,04	183	0,001	0,005	0,06
135	0,001	0,0008	0,03	184	0,002	0,01	0,06
136	0,0004	0,001	0,03	III-1	0,002	0,01	0,02
137	0,0003	0,001	0,02	III-2	0,003	0,02	0,04
138	0,0003	0,0008	0,04	III-3	0,01	0,04	0,06
139	0,002	0,0006	0,04	III-4	0,003	0,01	0,02
140	0,0001	0,0006	0,03	III-5	0,0004	0,02	0,02
141	0,0001	0,001	0,02	III-6	0,001	0,004	0,01
142	0,0002	0,0004	0,02	III-7	0,0002	0,001	0,002
143	0,0001	0,0006	0,04	III-8	0,001	0,0004	0,002

Обработка данных геохимического опробования  
(на олово)

Содержание Sn, г/т	Число проб с равным со- держанием	Частота		
		в %	исправленная	накопленная
1	7	16	8	8
2	6	14	15	23
3	5	12	13	36
4	1	2	7	43
5	5	12	7	50
6	4	10	11	61
9	5	12	11	72
10	5	12	12	84
20	4	10	11	95
			5	100

опробования коренных пород и составление геохимического разреза месторождения.

Исходные материалы: выборка проб для определения местного геохимического фона и аномальных содержаний (табл. 5); журнал результатов спектрального анализа литохимических проб (табл. 6); форма таблицы статистической обработки данных геохимического опробования (табл. 7); вероятностный планшет;

геологический разрез месторождения (рис. 8).

Основные вопросы: произвести группировку проб по классам содержаний из выборки;

составить таблицу статистической обработки;

определить  $C_{\phi}$  и  $C_{ан}$  по вероятностному планшету;

составить геохимические разрезы месторождения, на которых выделить первичные (эндогенные) ореолы свинца и цинка;

рассчитать основные параметры геохимического разреза (коэффициенты корреляции, продуктивность, дисперсию, коэффициент зональности).

Пример выполнения задания. На геологическом разрезе месторождения (см. рис. 8) видно, что слепое рудное тело, представленное зоной дробления с касситеритом, галенитом и сфалеритом, залегает в толще терригенных пород. На западном фланге установлена дайка диоритовых порфириров. Месторождение разведано на двух горизонтах (905 и 840) штольнями и подземными скважинами. На поверхности пройдены шурфы. По горным выработкам и скважинам проведено литохимическое опробование с целью изучения первичных эндогенных геохимических ореолов.

Для определения местного геохимического фона олова, свинца и цинка используют результаты анализов проб, отобранных из неизменен-

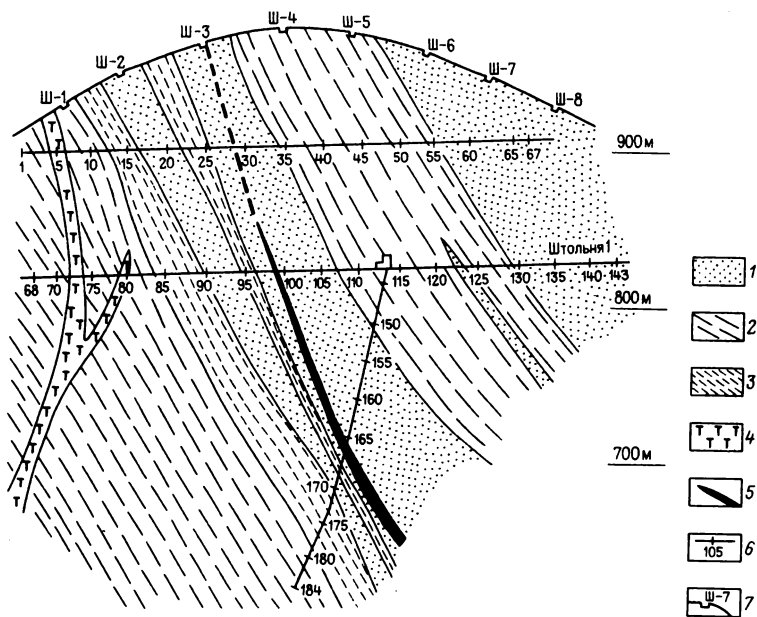


Рис. 8. Геологический разрез оловорудного месторождения:

1–3 – юрские образования: 1 – песчаники среднезернистые полимиктовые, слабо окварцованные с линзами гравелитов, 2 – алевролиты тонкоплитчатые, 3 – переслаивание песчаников и алевролитов; 4 – диоритовые порфириды; 5 – рудное тело – зона минерализации (касситерит, галенит, сфалерит) внутри тектонически раздробленных, окварцованных и хлоритизированных пород; 6, 7 – литохимические пробы: 6 – по стенке штольни и керну скважин, 7 – в шурфе (из коренных пород)

ных горных пород за пределами месторождений (см. табл. 7). С этой целью в первую графу табл. 7 выписывают числовые значения содержаний, встречающихся в выборке, в возрастающей последовательности.

Во второй графе указывают количество проб с равным содержанием. Определяют частоту встречаемости проб с равным содержанием с точностью до процента, которую записывают в третью графу. Затем рассчитывают исправленную частоту, которая относится к середине интервала числовых значений содержаний. В последней графе выписывают значения накопленных частот.

В связи с обычно встречаемым на практике логнормальным законом распределения содержаний химических элементов строят график накопленных частот на вероятностном трафарете в логарифмическом масштабе (рис. 9). Графическим способом определяют среднее фоновое содержание олова ( $C_{\phi} = 0,4 \cdot 10^{-3} \%$ ) по величине накопленной частоты 50%.

Аномальные содержания определяют по пересечению графика накопленных частот с осредняющими прямыми – ординатами  $3t$ ,  $2t$  и

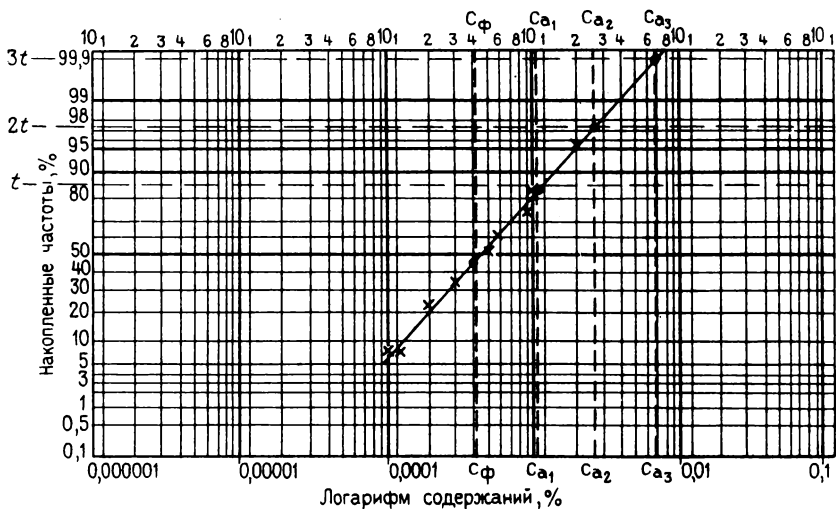


Рис. 9. Определение фонового и аномальных содержаний олова на вероятностном трафарете по графику накопленной частоты

$t : C_{a3} = 7 \cdot 10^{-3} \%$ ;  $C_{a2} = 2,7 (\approx 3,0) \cdot 10^{-3} \%$ ;  $C_{a1} = 1,0 \cdot 10^{-3} \%$ . Аналитически эти величины могут быть рассчитаны путем определения стандартного множителя [21]:

$$\epsilon = \sqrt[3]{\frac{C_{3t}}{C_{\Phi}}} = \frac{7}{0,4} = 2,6,$$

тогда  $C_{a2} = C_{\Phi} \cdot \epsilon^2 = 0,4 \cdot 2,6^2 = 2,7$  (округляем 3,0);  $C_{a1} = C_{\Phi} \cdot \epsilon = 0,4 \cdot 2,6 = 1,0$ . На геологическом разрезе по результатам анализа проб (см. табл.) отстраивается геохимический ореол олова (рис. 10) в изолиниях с интервалами:  $C_{a1} - C_{a2}$  (0,001 - 0,003);  $C_{a2} - C_{a3}$  (0,003 - 0,007); более 0,007.

В контурах геохимических ореолов на каждом из горизонтов рассчитывают величины линейных продуктивностей ( $P$ ) по каждому элементу по формуле

$$P = \frac{\sum_{i=1}^n (C_i - C_{\Phi})}{n} l,$$

где  $C_i$  - содержание элементов в пробе,  $C_{\Phi}$  - местный геохимический фон,  $n$  - число проб в ореоле,  $l$  - длина ореола.

Линейные продуктивности олова в пределах ореола в изолинии  $C_{\Phi} \cdot \epsilon^2$  на горизонте 905 м составляют  $56 \cdot 10^{-3}$  м % на горизонте 840 м -  $186 \cdot 10^{-3}$  м %, по скважине -  $222 \cdot 10^{-3}$  м %. Линейные продуктивности свинца соответственно равны  $590 \cdot 10^{-3}$ ,  $3710 \cdot 10^{-3}$  и

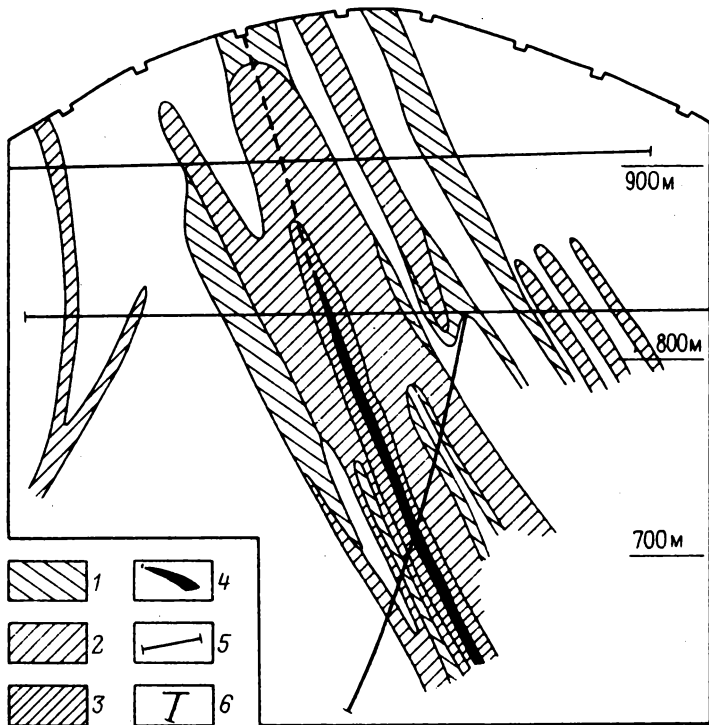


Рис. 10. Геохимический разрез эндогенных ореолов олова:

1 – 3 – зоны с различными аномальными содержаниями олова: 1 – от  $C_{a_1}$  до  $C_{a_2}$ , 2 – от  $C_{a_2}$  до  $C_{a_3}$ , 3 – более  $C_{a_3}$ ; 4 – рудное тело; 5 – горизонты штолен; 6 – скважина

$3400 \cdot 10^{-3}$  м %. Используя известный вертикальный ряд геохимической зональности, рассчитываем коэффициент зональности для каждого из горизонтов как отношение линейных продуктивностей надрудного (свинец) и подрудного (олово) элементов:

$$K_3 = \frac{P_{Pb}}{P_{Sn}}$$

Коэффициент зональности для верхнего горизонта  $\sim 10$ , нижнего горизонта  $\sim 20$  и скважины  $\sim 15$ , что свидетельствует о продолжении оруденения на глубину.

Для самостоятельной работы рекомендуется выполнить такие же операции для цинка, а также вычислить коэффициенты корреляции для двух пар элементов (олово – свинец, олово – цинк, свинец – цинк).

**Задание 6 г/х.** Составление моноэлементных и полиэлементных геохимических карт и оценка уровня эрозионного среза геохимических аномалий.

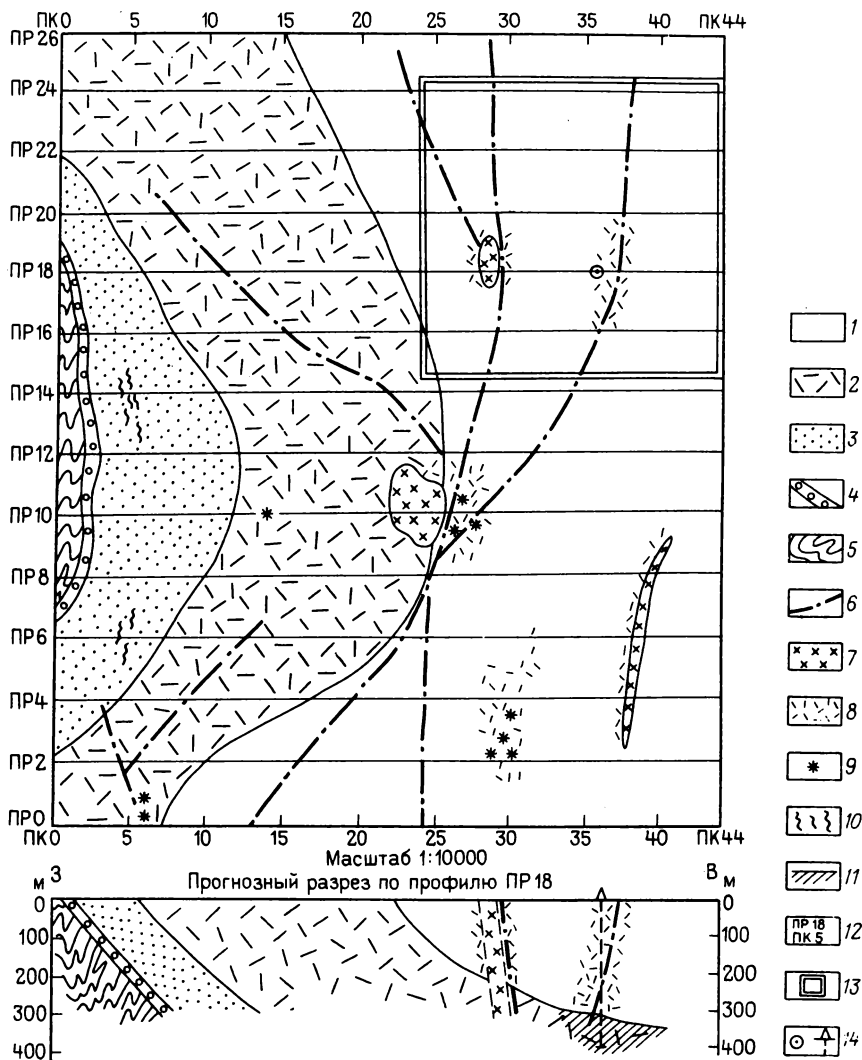


Рис. 11. Схематическая геологическая карта перспективной площади с профилями литохимического опробования:

1 – 4 – среднедевонские образования: 1 – алевролиты, 2 – риолиты, 3 – песчаники, 4 – конгломераты; 5 – нижнепалеозойские сланцы метаморфические; 6 – разрывные нарушения; 7 – габбро-диориты, диориты; 8 – метасоматиты (окварцованные и серицитизированные породы); 9 – проявления меди (халькопирит), свинца (галенит) и цинка (сфалерит); 10 – кварцевые жилы с редкими вкрапленниками сульфидов; 11 – зоны прогнозируемого оруденения; 12 – профили и пикеты литохимической съемки; 13 – контур перспективного участка для поисков слепого оруденения; 14 – проектируемая скважина

Исходные материалы: схематическая геологическая карта (рис. 11) и планы (карты-разноски для цинка, бария и свинца) литохимического опробования элювиально-делювиальных рыхлых отложений (мощность не более 1,5 м) участка с полиметаллическими рудопроявлениями.

Основные вопросы:

составить моноэлементные геохимические карты в изолиниях (модуль проведения изолиний: 1, 3, 10, 30, 100, 300 ... или 1, 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 ...);

закрасить градации геохимического поля в оттенках одного цвета или крапа для каждого химического элемента (например, цинк — синим, барий — красным, свинец — желтым цветом);

определить значение  $C_{\phi}$  по выборке данных из части геохимического поля за пределами аномалий, оконтуренных по  $C_a$ ;

выполнить предварительную геологическую интерпретацию моноэлементных геохимических карт путем сопоставления с геологической картой; выделить элементы рудного и надрудного уровней;

вычислить мультипликативные показатели рудных и надрудных ассоциаций элементов для каждой точки опробования, указав эти данные по определенной форме в таблице [21]: номера проб, содержание элементов в % ( $Zn \cdot 10^{-3}$ ,  $Pb \cdot 10^{-4}$ ), мультипликативный показатель ( $Zn \cdot Pb \cdot 10^{-7}$ ). Например, проба 1:  $Zn - 30 \cdot 10^{-3}$ ,  $Pb - 15 \cdot 10^{-4}$ ; мультипликативный показатель — 450 и т.д.;

составить полиэлементные геохимические карты в мультипликативных показателях для рудной и надрудной ассоциаций элементов;

вычислить показатель зональности геохимических аномалий по отношению мультипликативного показателя надрудной ассоциации элементов, нормированного по геохимическому фону, к мультипликативному показателю рудной (подрудной) ассоциации элементов, нормированному по геохимическому фону:

$$K_3 = \frac{M_{\text{надрудн}}/C_{\phi x}}{M_{\text{рудн}}/C_{\phi y}};$$

построить карту в показателях зональности, выделив геохимические аномалии, которые можно интерпретировать как обусловленные надрудным или рудным (подрудным) уровнем эрозионного среза геохимических аномалий;

выполнить общую геологическую интерпретацию геохимического поля: построить геологический разрез, указав на нем предполагаемое положение скрытого оруденения; составить объяснительную записку, в которой привести основные параметры геохимического поля и дать выводы о перспективах поисков новых объектов; выделить на геологической карте перспективные участки и наметить методику их поискового обследования.

Отчетные документы: геохимические карты (разрезы); объяснительная записка.

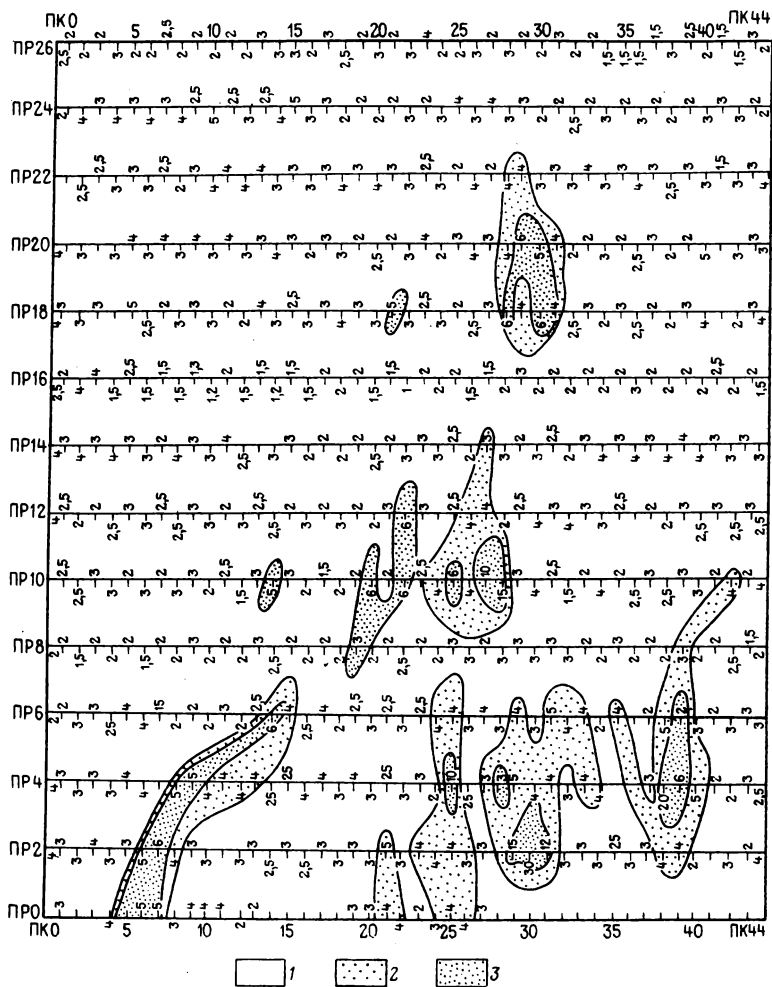


Рис. 12. Карта геохимических аномалий свинца на перспективной площади (см. рис. 11):

1 – 3 – геохимические ореолы свинца ( $\mu \cdot 10^{-3} \%$ ): 1 – менее 4, 2 – 4 – 5, 3 – более 5

Пример выполнения задания. Составлены моноэлементные геохимические карты для свинца и бария (рис. 12, 13). В объяснительной записке отмечено, что площадь проведения поисковых работ представлена отложениями двух структурных этажей. Метаморфические сланцы нижнего структурного этажа обнажаются на крайнем западе площади. Верхний структурный этаж сложен вулканогенно-осадочными образованиями живецкого возраста, смятыми в пологую брахиантиклиналь и прорванными телами габбро-диоритов и диоритов. Разрыв-

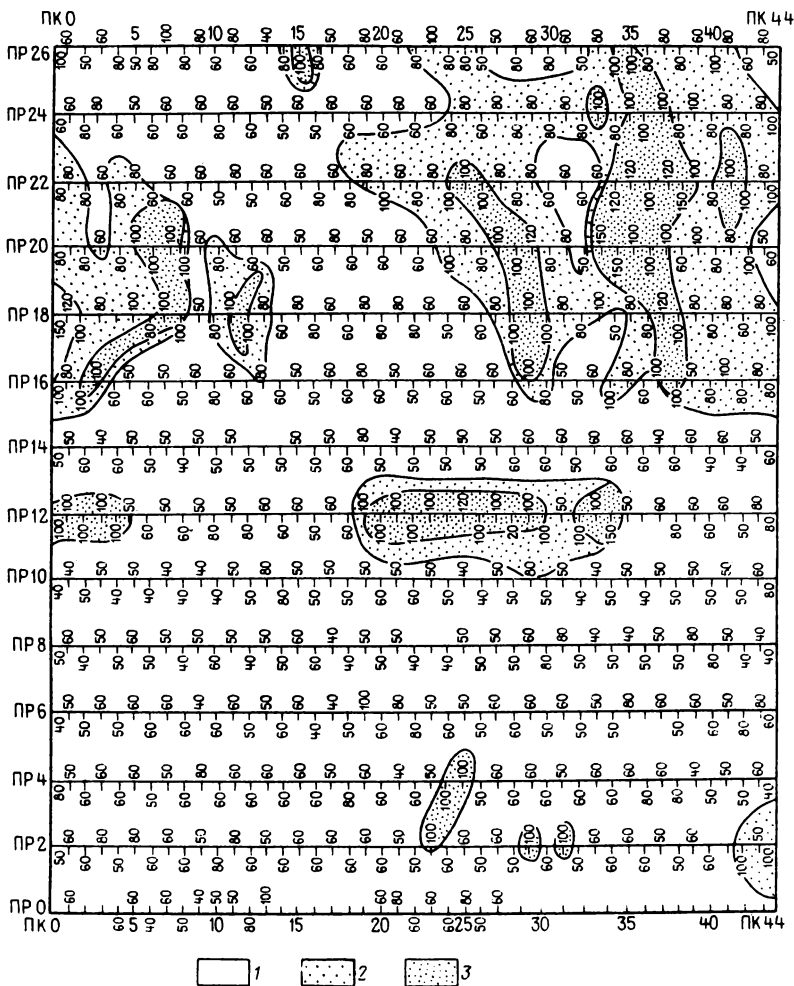


Рис. 13. Карта геохимических аномалий бария на перспективной площади (см. рис. 11):

1 – 3 – геохимические ореолы бария ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): 1 – менее 80, 2 – 80 – 100, 3 – более 100

ные нарушения различного направления сопровождаются метасоматическими преобразованиями пород, наиболее отчетливо проявленными в пределах интрузивных тел. Признаки окисленной полиметаллической минерализации, отдельные кварцевые жилы и участки изменения пород установлены и вне связи с интрузивными телами.

Моноэлементные геохимические карты свинца и бария (см. рис. 12, 13) построены в изолиниях 3 – 10 – 30 – 100 – 300. Для определения местного геохимического фона и минимально аномального значе-

## Определение мультипликативных показателей и коэффициента зональности

Номера проб	Содержание, %			Мультипликативные показатели		Коэффициент зональности
	Zn · 10 <sup>-3</sup>	Pb · 10 <sup>-4</sup>	Ba · 10 <sup>-2</sup>	(Zn x Pb) x 10 <sup>-7</sup>	Ba <sup>2</sup> · 10 <sup>-4</sup>	
1	12	3	60	36	3600	100
2	30	10	60	300	3600	12,0
...	...	...	...	...	...	...

ния составлены выборки, в которые вошли результаты анализа каждой пятой пробы по всем профилям. На основе построения гистограмм распределения элементов установлены  $C_{\Phi}$  и  $C_a$  соответственно для свинца  $2,5$  и  $4,0 \cdot 10^{-3} \%$  и для бария  $60$  и  $80 \cdot 10^{-2} \%$ .

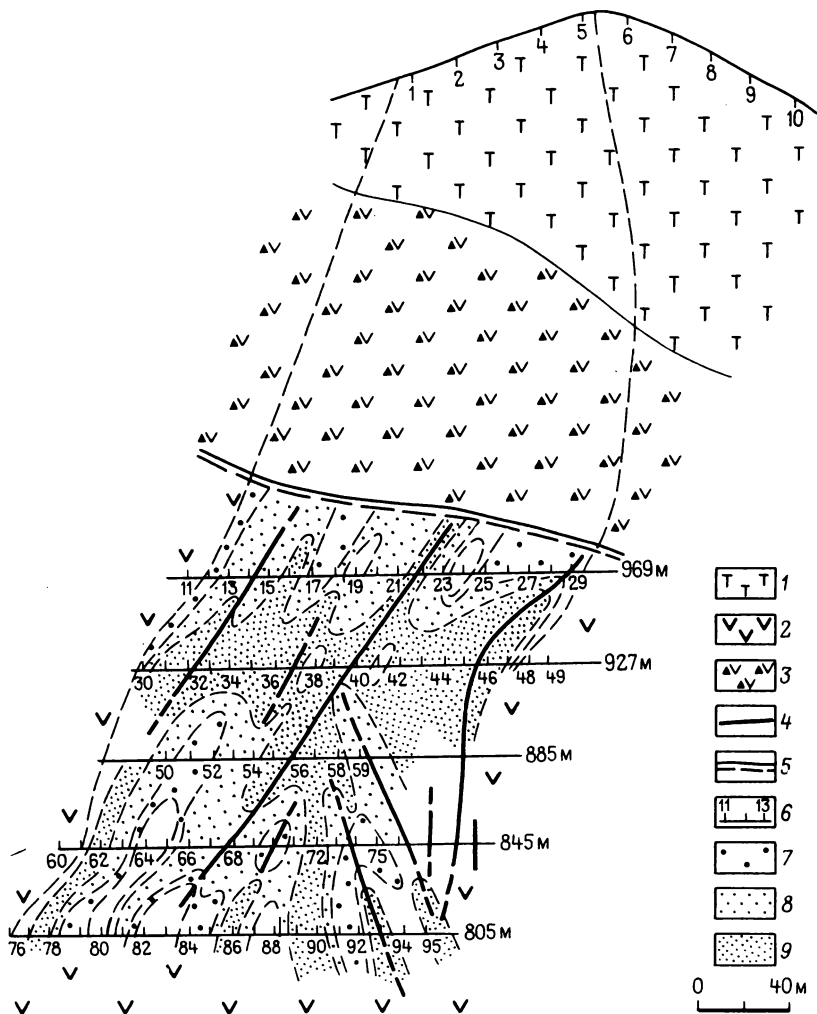
Изучение геохимических полей позволяет предположить их связь с геологическим строением площади, осложненную ландшафтными условиями. На карте полей свинца устанавливается связь повышенных концентраций с меридиональной зоной разломов. Аномальные концентрации свинца совпадают с проявлениями окисленной полиметаллической минерализации и зонами разломов. Аномальные концентрации бария свойственны северо-восточной части площади. Таким образом, аномалии свинца соответствуют рудному, а бария — надрудному уровням.

Для подтверждения этого вывода, а также для обоснования контуров выделенного на карте перспективного участка (см. рис. 11) следует самостоятельно определить мультипликативные показатели и коэффициент зональности.

Вычисление мультипликативных показателей рудной и надрудной ассоциаций элементов производят для каждой точки опробования —  $(Zn \times Pb) \cdot 10^{-7} \%$  и  $Ba^2 \cdot 10^{-4} \%$  (табл. 8); затем определяют коэффициент зональности  $\left( \frac{Ba^2}{Zn \times Pb} \right)$ . По результатам расчетов строят геохимические карты в изолиниях мультипликативных показателей и коэффициента зональности.

На основании этих карт участки, в пределах которых известны рудопроявления, характеризуются низкими коэффициентами зональности, что может свидетельствовать о рудном или подрудном типе аномалий свинца и цинка. В направлении с юга на север наблюдается постепенное увеличение величины коэффициента зональности, что может свидетельствовать об уменьшении в этом направлении уровня эрозионного среза.

По результатам геохимических поисков в качестве перспективного участка выделяется северо-восточная часть площади, характеризующаяся повышенными полями мультипликативного показателя и коэффициента зональности. Эта же часть площади и наименее эродирована.



**Рис. 14.** Геолого-геохимический разрез медноколчеданного месторождения:

1 – верхнеюрские конгломераты; 2 – среднеюрские андезитовые порфириты; 3 – огипсованные андезитовые порфириты; 4 – рудные жильные тела медноколчеданной формации; 5 – разрывные нарушения; 6 – места отбора литохимических проб на поверхности (1 – 10) и в подземных горных выработках (11 – 95); 7 – 9 – эндогенные ореолы меди ( $n \cdot 10^{-3} \%$ ): 7 – 10 – 30, 8 – 30 – 90, 9 – более 90

Для дальнейших поисков на перспективной площади рекомендуется постановка метода ВП и оценка геохимических аномалий бурением (см. рис. 11). Для самостоятельной работы – составить карту геохимических аномалий цинка.

**Задание 7 г/х.** Эндогенные литохимические ореолы (оконтуривание, интерпретация, оценка).

Исходные материалы: геологический разрез месторождения (с пунктами литохимического опробования, рис. 14); журнал результатов анализа литохимических проб (табл. 9); интервалы содержаний для оконтуривания (стр. 40); таблицы для вычислений.

Основные вопросы:

оконтурить эндогенные ореолы на разрезе месторождения в соответствии с интервалами содержаний;

оконтурить моноэлементные ореолы на отдельных кальках для бария, ванадия, кобальта, серебра, свинца, олова, ртути, хрома и других элементов;

оконтурить полиэлементные (мультипликативные) ореолы для (Ni x Co) и (Zn x Pb), предварительно вычислив мультипликативные содержания по форме;

определить коэффициенты контрастности по средним содержаниям и составить ряд вертикальной зональности эндогенных ореолов;

определить коэффициенты контрастности по линейным продуктивностям элементов-индикаторов и составить ряд вертикальной зональности;

рассчитать показатель зональности и составить ряд вертикальной зональности эндогенных ореолов;

сопоставить ряды вертикальной зональности, полученные разными способами, и сделать заключение о наиболее простом способе;

рассчитать мультипликативные показатели зональности для каждого пункта опробования и оконтурить их ореолы;

сделать выводы по следующим вопросам: параметры ореолов (морфология, мощность, протяженность); влияние различных типов горных пород на развитие ореолов; характер ореолов на разных глубинных уровнях (эрозионных срезях); использование ореолов для прогноза скрытого оруденения; возможности определения возраста оруденения по геохимическим данным.

Отчетные документы: таблицы с расчетом средних содержаний и др.; геолого-геохимические разрезы месторождения (моноэлементные, полиэлементные ореолы, ореолы коэффициента зональности); объяснительная записка, в которой должны быть отмечены методика выполненных работ, их результаты и выводы.

Интервалы содержаний для оконтуривания ореолов приводятся ниже:

Va - 1.  $(1 - 3) \times 10^{-2}$   
2.  $> 3 \times 10^{-2}$

Cr - 1.  $1 \times 10^{-3}$

V - 1.  $40 \times 10^{-3}$

Ni - 1.  $(0.5 - 1.5) \times 10^{-3}$   
2.  $> 1.5 \times 10^{-3}$

Co - 1.  $(5 - 15) \times 10^{-3}$   
2.  $(15 - 45) \times 10^{-3}$

Cu - 1.  $(10 - 30) \times 10^{-3}$   
2.  $(30 - 90) \times 10^{-3}$

	3. $> 45 \times 10^{-3}$		3. $> 90 \times 10^{-3}$
Ag	-1. $(5 - 15) \times 10^{-5}$ 2. $(15 - 45) \times 10^{-5}$ 3. $> 45 \times 10^{-5}$	Zn	-1. $(3 - 10) \times 10^{-3}$ 2. $> 10 \times 10^{-3}$
Pb	-1. $(1 - 3) \times 10^{-2}$ 2. $> 3 \times 10^{-2}$	As	-1. $(1 - 3) \times 10^{-2}$ 2. $> 3 \times 10^{-2}$
Sn	-1. $> 4 \times 10^{-4}$	Mo	1. $(1 - 3) \times 10^{-4}$ 2. $> 3 \times 10^{-4}$
Hg	-1. $(1 - 3) \times 10^{-5}$ 2. $(3 - 10) \times 10^{-5}$ 3. $> 10 \times 10^{-5}$	Zn x Pb	-1. $(1 - 10) \times 10^{-5}$ 2. $> 10 \times 10^{-5}$
Ni x Co	-1. $(1 - 10) \times 10^{-7}$ 2. $(10 - 100) \times 10^{-7}$ 3. $> 100 \times 10^{-7}$	Zn x Pb	-1. $(0,01 - 0,1) \times 10^2$ 2. $(0,1 - 1) \times 10^2$ 3. $> 1 \times 10^2$

Пример выполнения задания 7 г/х. Месторождение медноколчеданной формации представлено серией жил, расположенных среди вулканогенных образований среднеюрского возраста. Месторождение вскрыто на пяти горизонтах. На поверхности и на каждом горизонте проведено литогеохимическое опробование пунктирной бороздой. Длина интервала опробования 10 м.

С помощью таблиц результатов анализов проб 13 элементов (Ba, Cr, V, Ni, Co, Cu, Ag, Zn, Pb, As, Sn, Mo, Hg) составляют моноэлементные геохимические разрезы в изолиниях 1 – 3 – 10 – 30 – 100 ( $10^{-4}$  %). По особенностям строения геохимических ореолов выделяют группы элементов, свойственные надрудным и подрудным частям разреза.

Для каждого горизонта вычисляют среднеарифметические содержания каждого элемента, которые заносят в табл. 10. Затем рассчитывают коэффициент контрастности – отношение средних содержаний на уровне поверхности к средним содержаниям на нижнем горизонте.

По ранжированному ряду коэффициентов контрастности составляют геохимический ряд зональности элементов: Hg (Kk = 8,2) – Ba (5,1) – ... – Mo (0,5) – ... – Co (0,20).

Подобный ряд зональности получают путем построения ранжированного ряда коэффициентов контрастности, рассчитанных по величинам линейных продуктивностей для каждого элемента на различных горизонтах (табл. 11).

В данном случае ряд геохимической зональности выглядит как Ba (27,0) – Hg (9,0) – ... – Mo (1,0) – ... – Co (0,22).

Исходя из полученных рядов геохимической зональности и смены геохимических ассоциаций с глубиной, выбираем из надрудных ассоциаций элементов наиболее распространенные – Pb и Zn (расчет для них сделать самостоятельно), а из подрудных – Ni и Co. Для каждой точки

Журнал результатов приближенно-количественного спектрального анализа геохимических проб (%)

Номера проб	Va	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Hg	Zn x Pb x Co	Zn x Pb	Ni x Co
	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-3}$	$10^{-5}$	$10^{-2}$	$10^{-3}$	$10^{-2}$	$10^{-4}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$			
Поверхность																
1	3	3	8	0,3	10	15	15	4	4	8	4	0,8	8			
2	1	3	8	0,3	10	15	15	10	4	8	4	1	10			
3	4	5	20	0,3	10	20	100	30	8	8	3	1	30			
4	4	4	10	0,3	8	20	80	10	5	8	3	1	15			
5	3	4	20	0,3	8	15	40	10	5	5	2	1	15			
6	4	5	10	0,3	10	10	30	10	6	6	4	0,8	20			
7	5	1	10	0,3	10	10	30	10	10	5	5	0,8	30			
8	5	1,5	15	0,5	15	10	30	15	8	5	5	0,8	20			
9	0,5	1,5	40	0,8	15	10	80	15	12	5	3	0,8	8			
10	0,5	1	40	0,5	10	10	30	4	10	5	3	0,8	8			
Горизонт 969 м																
11	0,5	0,3	30	0,5	10	10	10	3	2	0,5	5	2	30			
12	0,5	0,5	30	0,5	10	10	10	2	2	1	5	1,5	80			
13	0,5	0,8	30	0,3	10	40	40	3	3	0,5	5	3	150			
14	0,5	0,3	30	0,3	15	40	20	4	4	0,5	3	2	4,5			
15	2	0,8	30	0,5	15	40	30	5	4	0,5	5	2	13			
16	2	0,5	10	0,5	10	150	150	4	1,5	0,5	10	5	8			
17	1	0,3	20	0,8	10	30	300	4	2	1	6	4	2			
18	2	1	10	0,6	10	30	30	5	2	3	3	3	9			
19	0,5	1,5	30	0,5	10	10	10	5	1,5	3	5	2	8			
20	1,5	1	30	0,5	30	60	60	5	1,5	4	6	2	8			

21	4,5	1	40	0,5	50	60	60	15	4	8	6	3	5,2
22	4	1,5	40	1	50	130	80	10	8	6	5	4	5,2
23	2	1	30	0,5	10	60	200	15	6	3	6	3	10
24	1	1,5	40	0,5	15	10	30	5	1,5	4	5	3	10
25	1	1,5	40	0,5	10	15	15	5	8	4	5	3	8,5
26	0,5	1,5	30	0,5	10	10	6	5	1	1	3	3	4,5
27	0,5	2	30	0,3	10	15	15	4	1	0,5	3	1,5	8
28	0,5	2	30	0,3	10	15	6	6	1	0,5	5	1	2
29	0,5	1,5	15	0,3	15	1	1	2	1	0,5	10	1,5	2

Горизонт 927 м

30	0,5	0,6	40	0,8	20	100	15	2	2	0,5	3	2	0,35
31	0,5	0,4	10	0,3	20	1000	100	2	1	0,5	3	0,25	1,5
32	0,5	0,3	15	0,3	15	1000	80	3	3	0,5	0,5	0,25	4
33	0,5	0,3	30	0,5	20	1000	30	2	2	0,5	3	0,25	6,5
34	1,5	0,3	60	1,8	30	300	20	2	2	0,5	2	1	7,5
35	0,5	0,15	10	0,3	45	1000	50	2	2	0,5	3	0,25	2
36	1	0,15	10	0,3	45	600	15	3	2	0,5	3	2	4
37	1	0,3	30	0,8	20	200	30	4	2	0,5	4	2	2,5
38	1	1	30	0,5	20	45	20	4	1,5	1	2	3	0,12
39	1	0,8	10	0,8	60	1000	50	4	3	4	3	1	2,5
40	3	3	40	2	45	200	60	4	6	5	4	1	5,2
41	1	0,6	20	0,3	30	80	80	4	4	4	2	2	1,5
42	0,5	0,4	15	0,3	30	1000	60	3	1,5	3	4	1	3
43	1	0,4	10	0,3	20	1000	50	3	4	1	3	1	9
44	4	0,3	10	0,3	20	1000	300	5	6	3	3	1	2
45	1	0,5	15	0,3	15	200	15	3	1,5	1	3	1	2
46	0,5	0,5	10	0,3	15	600	80	4	2	0,5	3	2	4
47	0,5	0,4	20	0,3	15	300	20	2	2	0,5	3	0,25	2
48	1	0,8	40	0,3	20	20	8	2	1,5	0,5	3	1	0,4
49	0,5	1	40	0,4	15	20	2	2	1,5	0,5	3	1	2,5

Номера проб	Ba	Cr	V	Ni	Co	Cu	Ag	Zn	Pb	As	Sn	Mo	Hg	Znx x Pb	Nix x Co	ZnxPb NixCo
	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-5</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-3</sup>	10 <sup>-2</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-4</sup>	10 <sup>-5</sup>			
Горизонт 885 м																
50	0,5	1	40	1	40	40	5	2	2	2	3	1	3			
51	0,5	1	30	0,8	30	15	5	3	2	3	3	1	4,5			
52	1	1	30	1	40	30	5	2	3	0,5	3	1,5	4,5			
53	0,5	0,8	40	0,8	30	40	10	3	3	1	3	4	2,5			
54	0,5	0,3	40	0,5	60	30	8	3	3	1	4	2	8,5			
55	1	0,5	30	1	60	150	20	4	4	0,5	3	2	7,5			
56	2	1	40	3	60	150	60	4	3	2	4	2	8,5			
57	0,5	1,5	40	0,8	60	400	20	3	4	1	3	1	2,5			
58	0,5	1,5	20	0,8	20	1000	20	3	3	0,5	3	1,5	4			
59	1	1	20	0,8	40	80	10	3	2	1	3	1	2,5			
Горизонт 845 м																
60	0,5	0,3	30	0,8	15	1	1	1,5	2	0,5	2	1	0,5			
61	0,5	0,5	30	0,8	20	5	2	2	5	0,5	3	0,8	0,04			
62	0,5	0,15	15	0,8	20	100	100	2	4	0,5	3	1	0,5			
63	0,5	0,3	30	0,8	20	40	4	2	2	0,5	3	1	0,55			
64	1	0,3	30	0,8	60	5	4	1,5	3	0,5	2	1	2			
65	1	0,3	40	0,8	60	6	6	2	3	0,5	3	1	2			
66	1	0,5	30	0,8	80	60	10	2	3	0,5	3	0,8	2			
67	0,5	0,8	40	3	80	60	8	2	3	0,5	3	1,5	4			
68	0,5	0,6	30	2	60	40	8	3	4	0,5	2	1	4			
69	1	0,8	30	1,5	50	50	5	2	4	0,5	3	0,8	7,5			
70	1	1	40	1	50	30	10	3	1,5	1	3	1	4,5			
71	1	0,5	20	1	30	30	15	2	1	1	4	1	3			
72	0,5	0,15	20	0,5	15	500	10	2	2	1	4	0,8	40			

73	0,5	0,6	40	0,8	20	40	3	2	1,5	0,5	3	0,5	10
74	0,5	0,8	15	1	15	10	2	2	1	0,5	2	1	9
75	1	1	40	0,8	20	15	3	2	1	0,5	3	0,5	10

Горизонт 805 м

76	0,5	2	40	1	40	80	3	2	1	0,5	3	1	2
77	0,5	0,8	40	1	80	200	1,5	2	2	0,5	2	0,5	2,5
78	0,5	1	40	1	80	30	3	2	2	0,5	3	2	0,5
79	0,5	1	40	1	60	15	0,8	2	2	0,5	2	0,8	0,35
80	0,5	1	40	1	80	10	0,5	2	2	0,5	2	0,8	2
81	1	1	20	5	80	80	10	2	2	0,5	3	0,8	2
82	0,5	0,5	20	3	80	10	1,5	1,5	3	0,5	2	2	4
83	0,5	0,5	30	4	80	10	2	2	4	0,5	3	2	2
84	1	1	30	1,5	60	20	10	2	3	0,5	3	2	2
85	0,5	1,5	20	2	60	30	4	1,5	2	0,5	4	1	1,5
86	0,5	1,5	40	0,8	20	200	2	1,5	2	0,5	2	1,5	0,8
87	0,5	1	20	1	40	10	2	1,5	3	0,5	2	1,5	2
88	0,5	1,5	30	1	40	10	3	2	2	0,5	2	8	2
89	0,5	1	30	1	50	200	8	2	2	1	2	2	2
90	0,5	1	30	1	50	300	8	3	2	0,5	3	1,5	2
91	0,5	1,5	30	1	50	20	8	2	3	0,5	2	3	8
92	0,5	2	40	1	40	10	1,5	2	2	0,5	3	1,5	2
93	0,5	1,5	40	1	30	100	1,5	2	1,5	0,5	2	1	0,2
94	0,5	1	10	0,8	40	80	2	2	2	0,5	2	1	0,8
95	0,5	1	8	1	30	200	2	2	2	0,5	2	1	0,8

Таблица 10

Вычисление коэффициента контрастности по средним содержаниям элементов-индикаторов

Уровень ореола	Среднее содержание элементов-индикаторов, %					
	Ba x 10 <sup>-2</sup>	...	Co x 10 <sup>-4</sup>	...	Mo x 10 <sup>-4</sup>	Hg x 10 <sup>-5</sup>
	1	...	6	...	12	13
Поверхность	2,8	...	10,6	...	0,88	16,4
Горизонт 969	1,3	...	16,3	...	2,5	19,4
...	...	...	...	...	...	...
Горизонт 805	0,55	...	53,50	...	1,7	2,0
Коэффициент контрастности	5,1	...	0,20	...	0,5	8,2

Таблица 11

Вычисление коэффициента контрастности по линейным продуктивностям элементов-индикаторов

Уровень ореола	Линейная продуктивность элементов-индикаторов, м %					
	Ba	...	Co	...	Mo	Hg
Поверхность	5,40	...	0,0233	...	0,0017	0,0036
Горизонт 969	2,10	...	0,0309	...	0,0014	0,0018
...	...	...	...	...	...	...
Горизонт 805	0,20	...	0,107	...	0,0017	0,0004
Коэффициент контрастности	27,0	...	0,22	...	1,0	9,0

опробования рассчитываем мультипликативные показатели каждой пары (Zn x Pb и Ni x Co) и определяем коэффициент зональности (Zn x Pb/Ni x Co). По полученным данным строим соответствующие разрезы (рис. 15, 16).

На основании геологической интерпретации этих разрезов возможно сделать следующие выводы.

На моноэлементном разрезе геохимические ореолы меди с максимальными содержаниями отчетливо оконтуривают рудную зону, включающую ряд медно-колчеданных жильных тел, залегающих в андезитовых порфиритах (J<sub>2</sub>). Пологий разлом, проходящий над горизонтом 969 м, резко ограничивает и экранирует развитие ореолов. Выше, в огипсованных андезитовых порфиритах (J<sub>2</sub>) и в туфоконгломератах (J<sub>3</sub>), прослеживается лишь слабый надрудный ореол, фиксируемый и на поверхности. Наличие этого ореола позволяет, с одной стороны, прогнозировать слепое оруденение, а с другой стороны — свидетельствует о после-позднеюрском возрасте оруденения.

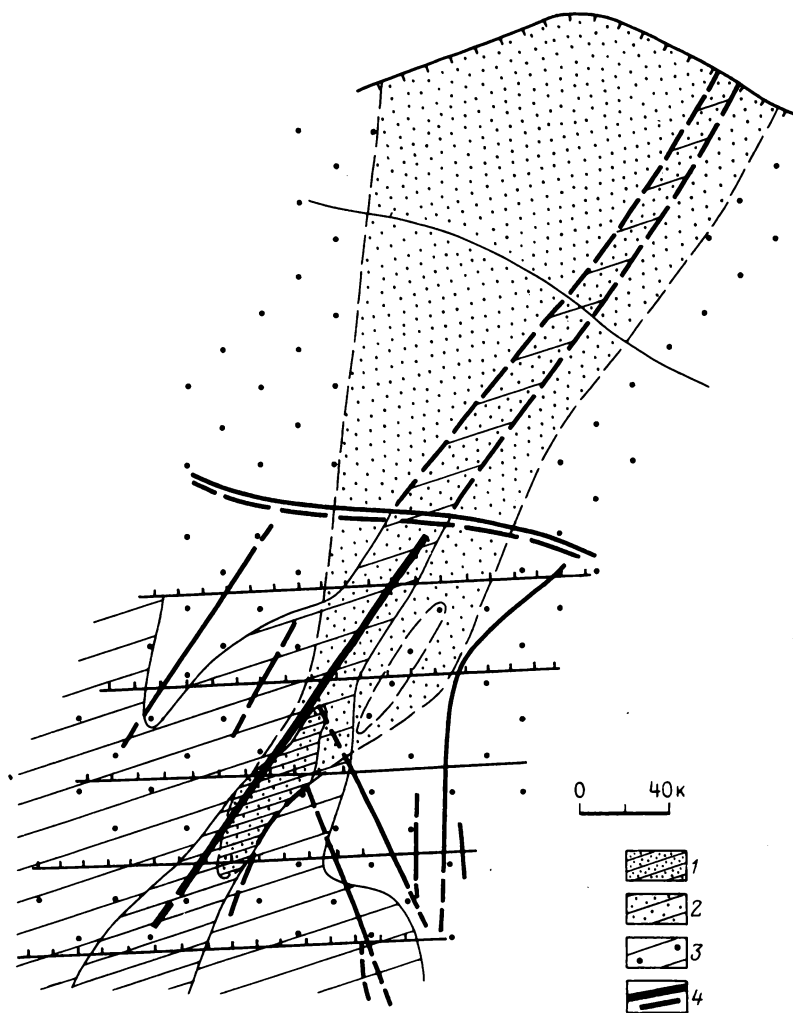


Рис. 15. Геохимический разрез мультипликативных ореолов медноколчеданного месторождения (см. рис. 14):

1, 2 – геохимические ореолы (частота крапа и штриховки отражают интенсивность мультипликативных показателей): 1 – Pb · Zn, 2 – Ni · Co; 3 – рудные тела

На разрезе мультипликативных ореолов хорошо видно, что свинец и цинк относятся к надрудным, а никель и кобальт – к рудным и подрудным ассоциациям элементов. Учитывая отсутствие в рудах собственных минералов никеля и кобальта, эти элементы относят к примесям в пирите, который содержится в рудах, а также зонах пиритизации, окаймляющих рудные тела.

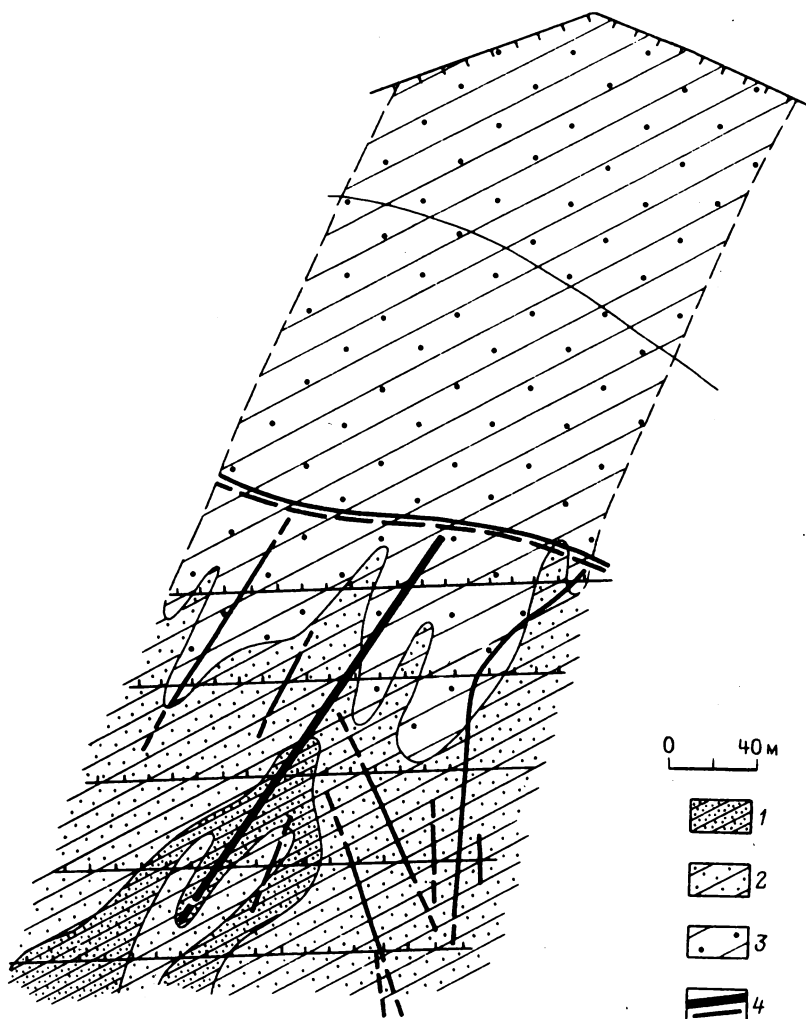


Рис. 16. Геохимический разрез ореолов показателя зональности медноколчеданного месторождения (см. рис. 14):

1 – 3 – величина коэффициента зональности  $(Pb \cdot Zn)/(Ni \cdot Co)$ : 1 – низкая, 2 – средняя, 3 – высокая; 4 – рудные тела

На разрезе, где оконтурены ореолы разных значений коэффициента зональности, отчетливо выделяются ореолы ассоциации надрудных элементов (свинец, цинк) и ореолы ассоциации рудных– подрудных элементов (никель, кобальт).

При интерпретации геохимических ореолов на поверхности данного района следует принимать во внимание эти данные. Но при этом нельзя

забывать, что ореолы никеля и кобальта могут быть связаны с зонами пиритизации, не содержащими промышленных руд.

Для самостоятельной работы предлагается использовать журнал анализов литохимических проб (см. табл. 9), на основании которого могут быть составлены моноэлементные и полиэлементные геохимические разрезы по ассоциациям элементов, не рассмотренных ранее; рассчитаны парные коэффициенты корреляции элементов; вычислены дисперсии содержаний и другие параметры геохимических ореолов.

## Глава 2

### РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗОВ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

#### Общие положения

Разработка прогнозов месторождений полезных ископаемых осуществляется при составлении карт прогноза (КП), представляющих собой графическое отображение прогнозов на основе предпосылок и признаков поискового прогнозирования.

Карты прогноза разделяются на специализированные, в которых отражается прогноз на один или комплекс близких по генезису полезных ископаемых, и общего типа для всех видов твердых полезных ископаемых. Масштаб карт прогноза колеблется в широких пределах — от 1 : 10000000 до 1 : 1000. Например, карта прогноза угленосности СССР и карта прогноза бокситоносности СССР составлены в масштабе 1 : 5000000. Для отдельных регионов карты прогноза составляют в масштабах 1 : 1000000 — 1 : 100000, для районов — 1 : 50000 — 1 : 25000, для локальных площадей и участков — 1 : 10000 — 1 : 1000.

Название карт прогноза различное в зависимости от их содержания и назначения:

карта закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых;

карта прогнозно-металлогеническая (прогнозно-минерагеническая);

карта прогноза фосфоритоносности (угленосности и др.);

геологическая карта с элементами прогноза;

схема прогноза.

Карты прогноза составляют на тектонической или геологической основах. На тектонической основе (тектонической карте), где выделяют и закрашивают структурные этажи, обычно составляют карты прогноза эндогенного оруденения. На геологической основе (геологической карте), где закрашиваются только продуктивные формации, а остальные контуры оставляются черными, составляют карты прогноза для экзогенных объектов или эндогенных объектов стратиформных формаций.

Существуют два направления в составлении карт прогноза — геологическое и математическое.

## Геологическое направление в составлении карт прогноза

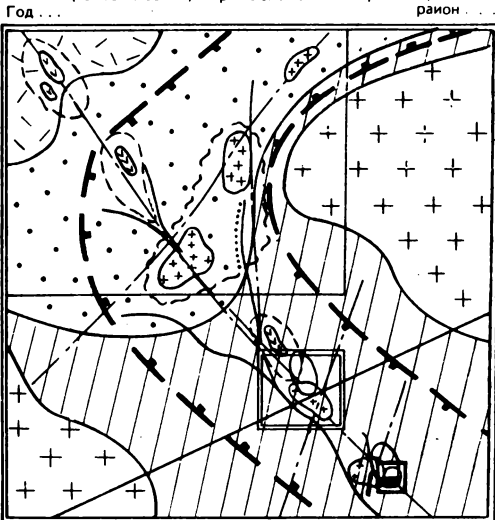
Выполнение операций при составлении карт прогноза в соответствии с геологическим направлением намечается в такой последовательности:

- подготовка тектонической или геологической основы;
- составление карт полезных ископаемых и аномалий различного типа (минералогических, геохимических, геофизических);
- составление легенды факторов, определяющих условия образования и сохранения месторождений полезных ископаемых;

Схема связи полезных ископаемых с геологическими формациями или комплексами (металлогенограмма)

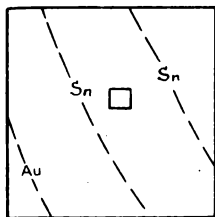
Тектономагматический цикл	Структурные этажи	Возраст	Осадочные и вулканогенные формации	Интрузивные комплексы	Полезные ископаемые
Альпийский	/ / / / /	K <sub>2</sub>	Верхний этаж Вулканогенная формация	+ + + + +	Sn
Киммерийский	• • • • •	J <sub>3</sub>	Средний этаж Терригенная формация	+ + + + +	
Герциньский	/ / / / /	P <sub>1</sub>	Нижний этаж Карбонатно-терригенная формация	+ + + + +	

Прогнозно-металлогеническая карта ... района (или Карта закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых или Геологическая (тектоническая) карта с элементами прогноза) ... район ...



Составлена студентом ... по материалам ... Масштаб ...

Схема положения района в металлогенической провинции (по ...)



Оловянная провинция  
 Район работ



Оценка прогнозных ресурсов

Категории прогнозных ресурсов	Объекты оценки		
	Зона	Площадь	Участок
P <sub>1</sub>			- - - - -
P <sub>2</sub>		- - - - -	
P <sub>3</sub>	- - - - -		

Рис. 17. Макет прогнозной карты масштабов 1 : 200 000 (1 : 100000) и 1 : 50000 (1 : 25000)

Эра-тема	Сис. тема	От. дел.	Ин-декс	Факторы, определяющие условия образования и сохранения месторождений полезных ископаемых	
Мезозой	Меловая	Верхний	K <sub>2</sub>		Андезит-базальты, фиксирующие зоны глубинных разломов
					Липариты (покровы), перекрывающие рудоносные интрузивы и оруденение
Палеозой	Пермская	Нижний	P <sub>1</sub>		Гранит-порфиры, с которыми генетически связано оловянное оруденение
					Песчаники, алевролиты – вмещающие породы
					Граниты первой интрузивной фазы (слаборудоносной)
					Алевролиты, песчаники, известняки – вмещающие породы

Месторождения и проявления полезных ископаемых, выявленных на данной площади

Полезное ископаемое	Связь с геологической формацией	Генетический тип	Продуктивная формация	Минералогическая ассоциация	Геохимическая ассоциация	Морфология		Промышленное значение	
						Жилы	Штокверки	Месторождение	Проявление
Олово	Генетическая с гранит-порфирами	Гидротермальный	Класситерит-кварцевая	Касситерит Топаз Шеелит	Sn W F				

Аномалии

Тип аномалий	Концентрация (интенсивность)		
	Высокая	Средняя	Низкая
Минералогические (шлиховые) – касситерит			
Литохимические в склоновых отложениях			
Геофизические: аэромагнитные гравиметрические			

Прогнозные выводы

Объекты прогноза		Предпосылки				Признаки		
Перспективные зоны	Прогнозируемая формация	Тектонические		Магматогенные		.....	Прямые	Косвенные
		Региональные	Локальные	Региональные	Локальные			
	Касситерит-кварцевая	Глубинные разломы	Разломы	Комплекс гранитоидов	Гранит-порфиры			

Поисковые рекомендации

Стадия работ	Перспективные объекты		
	Зона	Площадь	Участок
Геологическая съемка 1 : 50 000 с общими поисками			
Поисковые работы			
Поисково-оценочные работы			

разработка схемы связи полезных ископаемых с геологическими формациями (металлогенограммы);

составление таблиц о месторождениях и проявлениях полезных ископаемых, а также об аномалиях различного типа, выявленных на данной площади;

разработка прогнозных выводов на основании предпосылок и признаков поискового прогнозирования;

выделение перспективных объектов (зон, площадей, участков) и оценка прогнозных ресурсов.

Карты прогноза составляют по макету, на котором учтены современные требования к подобным документам. В частности, вместо условных обозначений стратиграфических, литологических и магматических подразделений приводят таблицу факторов, определяющих условия образования и сохранения полезных ископаемых.

На макете показан пример заполнения отдельных частей карты прогноза (рис. 17).

Тематика заданий по данной главе:

1. Составление прогнозной карты и разработка проекта поисковых работ (деловая игра).

2. Составление прогнозной или прогнозно-металлогенической карты с проектом поисковых работ (на основе учебной геологической карты), содержащей данные о полезных ископаемых.

**Задание 1 к/п.** Составление карты прогноза и разработка проекта поисковых работ.

Задание выполняется в форме деловой игры, которая включает: самостоятельную работу студента по дополнению схематической геологической карты данными в соответствии с макетом прогнозной карты (см. рис. 17), по разработке проекта поисковых работ;

рецензирование задания, выполненного другим студентом;

доклад студентов на заседании НТС о выполненных заданиях и рецензия на них (председатель НТС – преподаватель, ведущий занятие).

Исходные материалы: схематическая геологическая карта (с данными о полезных ископаемых) конкретного района (рис. 18).

Лабораторная база: альбом геологических карт и карт полезных ископаемых (масштабы 1 : 200 000; 1 : 100000; 1 : 50000; 1 : 25 000) и макет прогнозной карты.

Основные вопросы:

составить легенду "Факторы, определяющие условия образования и сохранения полезных ископаемых";

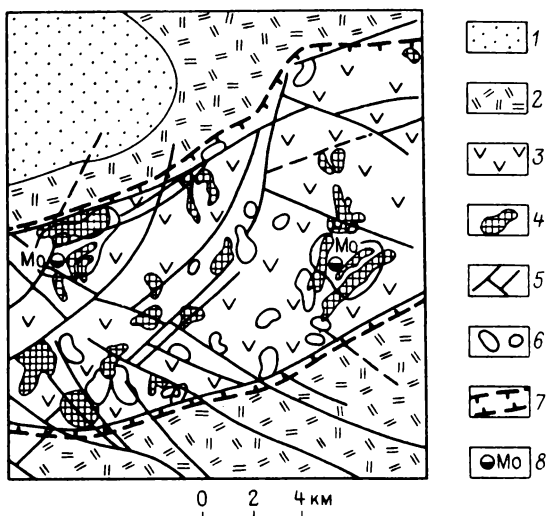
составить металлогенограмму или схему связи полезных ископаемых с геологическими формациями района;

составить таблицы "Месторождения и проявления полезных ископаемых" и "Аномалии";

разработать предпосылки и признаки поискового прогнозирования определенного вида полезного ископаемого, показав их в таблице "Прогнозные выводы";

Рис. 18. Схема геологического строения района развития прогнозируемого штокверкового молибденового оруденения:

1 – 3 – кембрийские образования: 1 – песчаники, кварциты, 2 – терригенно-карбонатные отложения, 3 – вулканиты; 4 – каменноугольные граносиениты, граниты; 5 – разрывные нарушения; 6 – литохимические комплексы аномалии молибдена, меди, свинца; 7 – перспективная зона; 8 – проявления молибдена (кварцевые прожилки с молибденитом и пиритом)



в пределах выделенной на карте региональной перспективной зоны (регионального аномального поля) оконтурить локальные аномальные поля, перспективные для постановки поисковых работ;

указать основные продуктивные формации и промышленные типы месторождений данного вида полезного ископаемого, а также требования промышленности к сырью (по масштабу запасов, содержанию полезных компонентов, технологическим свойствам);

разработать поисковую модель объекта по геолого-геофизическим и минералого-геохимическим параметрам;

оценить прогнозные ресурсы для перспективных объектов, выделенных на карте, показав их в специальной таблице;

разработать поисковые рекомендации в виде площадей или участков для постановки той или иной стадии работ, оконтурив их на карте и отметив в соответствующей таблице;

составить схему (с разрезом) геологического строения перспективной зоны, площади или участка в масштабе проектируемых работ; на схеме выделить ландшафтные поля (элювиальные супераквальные, субаквальные) и указать для них мощности рыхлых отложений;

разработать проект поисков для определенной стадии работ, включающий: рациональный комплекс поисковых методов; параметры поисковой сети (плотность, ориентировку); последовательность выполнения работ и проектируемые объемы; оценку прогнозных ресурсов; проектируемые работы нанести на схему (опорные профили с указанием минералогических, геохимических и геофизических методов, горных выработок и скважин);

составить геологическое задание на проект (по утвержденной форме) и объяснительную записку;

подготовить рецензию на проект, составленный другим студентом.

Схематическая геологическая карта с данными о полезных ископаемых (см. рис. 18) прилагается для самостоятельного выполнения задания по вышеуказанным вопросам.

**Задание 2 к/п** (для самостоятельной работы). Составление прогнозной или прогнозно-металлогенической карты с проектом поисковых работ.

Исходные материалы: учебные геологические карты (масштаб от 1 : 200 000 до 1 : 25 000) с данными о проявлениях полезных ископаемых и их поисковых признаках; макет прогнозной карты.

Основные вопросы:

составить на кальке-накладке тектоническую основу прогнозной или прогнозно-металлогенической карты, выделив следующие элементы: структурные этажи и подэтажи (цветом или крапом соответственно с возрастом); главные тектонические структуры (складчатые и разрывные); интрузивные комплексы (продуктивные – ярким цветом); на тектоническую схему нанести металлогенические и прогнозные данные:

месторождения и проявления полезных ископаемых;

минералогические, геохимические и геофизические аномалии;

перспективные зоны развития и прогноза определенных типов полезных ископаемых;

прогнозные площади (участки) для постановки поисковых (поисково-оценочных) работ, выделяемых в пределах перспективных зон.

На полях прогнозно-металлогенической карты показать следующие материалы:

схему (в виде колонки) связи полезных ископаемых с геологическими формациями (металлогенограмма);

прогнозный геологический разрез с указанием предполагаемых скоплений полезных ископаемых;

схему положения района в металлогенической провинции (по данным карты металлогенических провинций СССР);

условные обозначения основных стратиграфических, тектонических и интрузивных подразделений;

таблицу месторождений и проявлений полезных ископаемых, выявленных на данной площади;

аномалии (минералогические, геохимические, геофизические), установленные для данной площади;

прогнозные выводы для определенной продуктивной формации полезного ископаемого;

оценку прогнозных ресурсов для перспективных объектов;

поисковые рекомендации;

составить (путем увеличения) схематическую прогнозную карту площади (участка), которая на прогнозно-металлогенической карте выделена для постановки первоочередных поисковых (поисково-оценочных) работ; на схематической прогнозной карте нанести основные параметры поисковой сети проектируемых работ;

написать объяснительную записку к прогнозно-металлогенической карте района по следующей схеме (плану):

исходные материалы и методика составления карты;

краткая характеристика схемы тектонического строения и полезных ископаемых района, а также его металлогенического положения;

предпосылки и признаки поискового прогнозирования для обоснования выделения перспективных зон и площадей;

методика поисковых (поисково-оценочных) работ, предлагаемых для постановки на прогнозных площадях.

Отчетные документы: прогнозно-металлогеническая карта района; схематическая прогнозная карта перспективной площади; объяснительная записка.

### **Математическое направление в составлении карт прогноза**

Математическое направление в разработке карт прогноза, развиваемое в настоящее время, основано на использовании математического аппарата с применением ЭВМ. В данном учебном пособии рассматриваются лишь основные принципы выполнения этого направления на примере системы "Регион".

Человеко-машинная информационно-прогнозирующая система АИПС/ЕС "Регион" разработана специалистами Международного научно-исследовательского института проблем управления (МНИИПУ). Эта система характеризуется рациональным сопряжением традиционной геологической методики прогнозирования с методами решения прогнозных задач с помощью компьютеров типа ЕС ЭВМ, начиная с модели 1020.

Задания по данной проблеме включают решение задач по составлению прогнозных карт, на которых выделяются площади и участки различной перспективности обнаружения месторождений полезных ископаемых.

Рассмотрим пример решения такого задания, подготовленный в Геолого-поисковой экспедиции ПО "Центргеофизика" (автор В.М. Вильдьеv) для одного из рудных районов Сибири.

Исходные материалы:

геологическая карта района масштаба 1 : 100000 с данными о полезных ископаемых и аномалиях (минералого-геохимических, геофизических (рис. 19); перечень факторов (геологических, геохимических, геофизических), которые могут быть предпосылками или признаками поискового прогнозирования (см. стр. 59); эвристическая модель объекта поисков (в данном случае объектом являются колчеданные полиметаллические месторождения).

На модели указаны векторы связи (в км) подобных объектов с выделенными факторами (рис. 20). Величина векторов определяется геологом-интерпретатором на основании опыта работы в районе.

Лабораторная база: ЭВМ с необходимыми модулями печати и графического изображения.

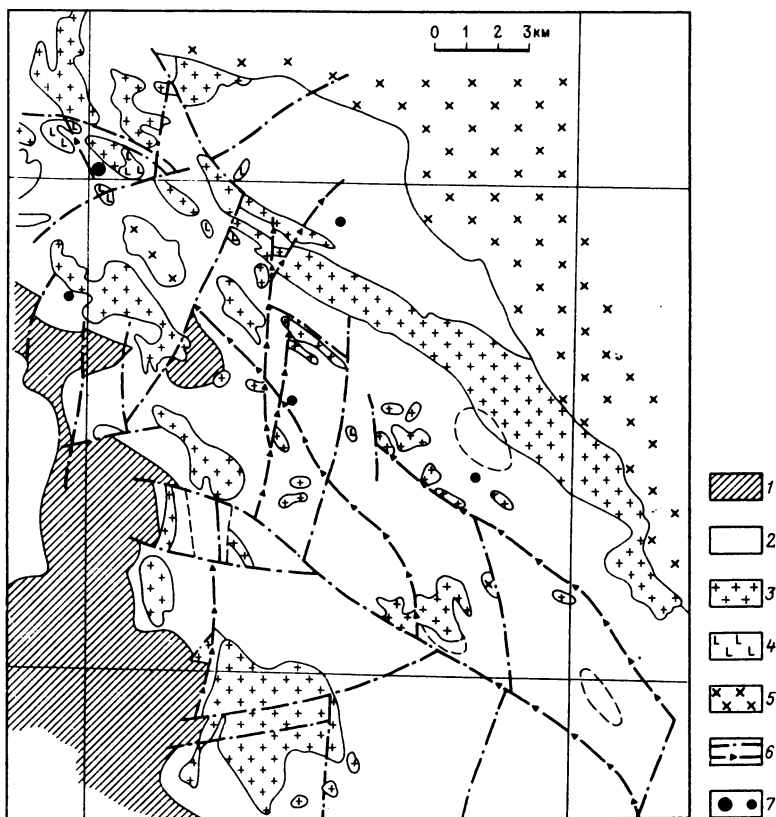


Рис. 19. Схема геологического строения района развития свинцово-цинкового колчеданного оруденения:

1 – сланцы кварц-хлорит-серицитовые; 2 – вулканогенно-осадочная толща; 3 – интрузивы порфировых пород; 4 – габбро, диориты; 5 – граниты порфировидные; 6 – разрывные нарушения; 7 – месторождения и проявления свинцово-цинковых колчеданных руд

#### Основные вопросы:

составить карту прогноза колчеданно-полиметаллического оруденения для данного района с помощью ЭВМ;

подготовить карту района с сеткой ячеек;

обвести электронным карандашом на геологической карте (см. рис. 19) контуры всех выделенных факторов для введения их параметров в память ЭВМ;

ввести в ЭВМ эвристическую модель искомого объекта;

произвести на ЭВМ сопоставление и анализ введенных данных;

получить результат в виде карты с условными знаками информационного веса перспективности района.

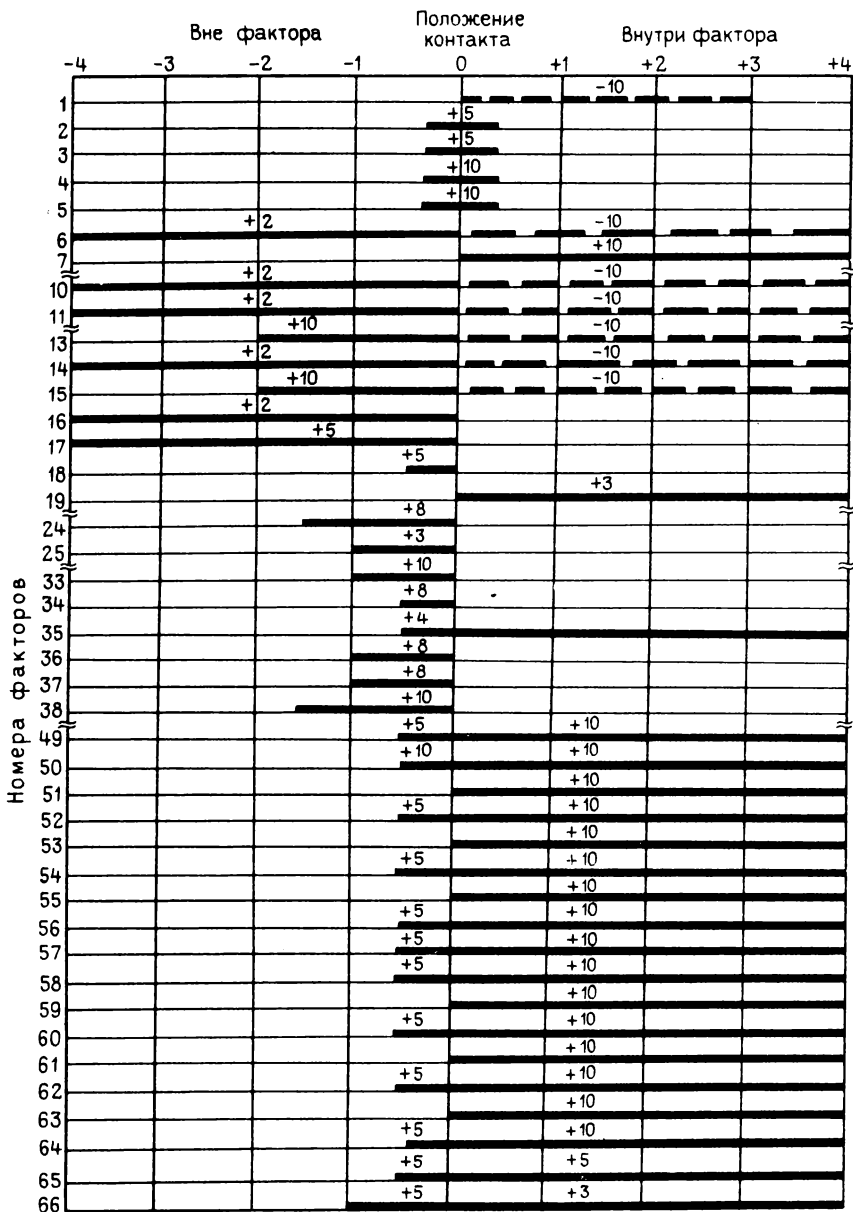


Рис. 20. Эвристическая модель искомого объекта (колчеданного полиметаллического орудения, см. рис. 19)

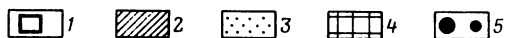
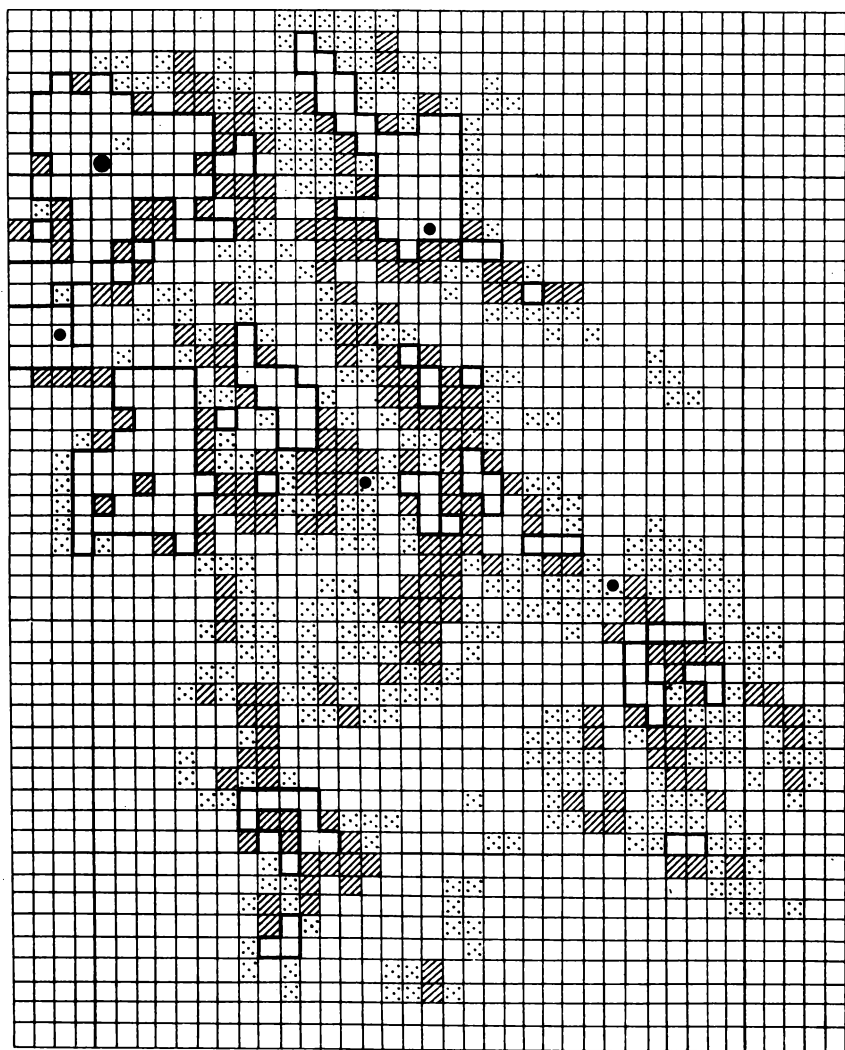


Рис. 21. Схема прогноза перспективности свинцово-цинкового оруденения колчеданного типа, составленная на основе геологических факторов (предпосылок) по системе "Регион" (см. рис. 19) :

1 – 4 – степени перспективности площадей (по величинам информационных весов геологических факторов, %) : 1 – 75 – 100, 2 – 50 – 75, 3 – 25 – 50, 4 – менее 25, 5 – месторождения и рудопроявления

Отчетные документы: прогнозная карта, на которой цветом или крапом показаны ячейки разной перспективности (рис. 21).

Прогнозные карты, выполненные с помощью ЭВМ, должны быть

сопоставлены с прогнозной картой, составленной традиционным геологическим способом.

Перечень факторов (предпосылок и признаков) по рудному району, введенных в банк системы "Регион" (в сокращенном варианте):

№ № факторов	Факторы
1, 2, 3, 4, 5	<i>Литолого-стратиграфические</i> Вулканогенно-осадочные отложения ( $D_2$ )
6	Метаморфические сланцы ( $PZ_1$ )
7	Участки разреза $D_2$ с частым переслаиванием
10	<i>Магматические</i> Граниты, гранодиориты ( $\gamma P$ )
11, 12, 13	Порфиры рудного состава ( $C_{2-3}$ )
17-38	<i>Структурно-тектонические</i> Разрывные нарушения <i>Геохимические</i>
49 - 66	Вторичные и первичные аномалии свинца, цинка и других элементов

### Глава 3

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МЕТОДИКА ПОИСКОВ

### Общие положения

Проектирование и методика поисков полезных ископаемых осуществляются в соответствии с методическими указаниями о порядке проведения геологоразведочных работ на твердые полезные ископаемые по стадиям.

Проектирование поисков полезных ископаемых представляет собой систему мероприятий, основанную на геологическом прогнозе перспективных объектов и включающую разработку методики работ, а также техническое и экономическое их обоснование. Методика поисков — совокупность поисковых методов и последовательность их выполнения в определенных геологических и ландшафтных условиях для выполнения и оценки месторождений полезных ископаемых.

Различают общий комплекс поисковых методов, применяемый для выявления всех видов твердых полезных ископаемых, и специализированный комплекс методов, предназначенный для обнаружения определенных видов полезных ископаемых.

Поиски полезных ископаемых осуществляются в виде площадной съемки или по отдельным профильным пересечениям. В зависимости от

## Объекты поисков на отдельных стадиях работ

Стадии работ	Объекты поисков	
	Общепринятая классификация [15]	Классификация ЦНИГРИ [15]
<p><i>I стадия.</i> Региональное геологическое изучение территории СССР:</p> <p>а) региональные геолого-геофизические исследования масштаба 1 : 1000000 (1 : 500000); б) региональные геофизические, геолого-съемочные, гидрогеологические и инженерно-геологические работы масштаба 1 : 200 000 (1 : 100000)</p>	Перспективная территория, зона (региональное аномальное поле)	Металлогеническая провинция, зона. Потенциальный рудный узел
<p><i>II стадия.</i> Геолого-съемочные работы масштаба 1 : 50000 (1 : 25000) с общими поисками</p>	Перспективная площадь (локальное аномальное поле)	Потенциальное рудное поле
<p><i>III стадия.</i> Поисковые работы</p>	Перспективный участок (проявление полезных ископаемых или контрастная аномалия)	Перспективный участок (поисковый)
<p><i>IV стадия.</i> Поисково-оценочные работы</p>	Месторождение полезного ископаемого, заслуживающее постановки предварительной разведки	Рудные пересечения

глубины залегания искомым объектов и условий их выявления выделяют наземные и глубинные поиски. При наземных поисках получение сведений об объекте возможно путем проведения поисковых методов на земной поверхности. Глубинные поиски осуществляют на площадях и участках, перспективных в отношении скрытых объектов, не проявленных на поверхности. При таких поисках применяют глубинные варианты различных методов в скважинах или подземных горных выработках.

Новые направления в проектировании и методике поисков полезных ископаемых (разрабатываются в ЦНИГРИ) – объединение факторов прогноза и методов их выявления, т.е. выделение так называемых

## Прогнозно-поисковые комплексы (ППК)

Стадия работ	Объект		Факторы прогнозирования				Методы поисков	Оценка	
	изучения	прогноза	Предпосылки		Признаки			Результаты	Ресурсы, запасы
			региональные	локальные	прямые	косвенные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Геологическая съемка (1:50000) с общими поисками	Район	Перспективные зоны и площади	Стратиграфические, магматогенные, тектонические	Магматогенные, тектонические	М/л + г/х* аллювиальные потоки золота	спутников	Аэрометоды, геологическая карта, кар-съемка, та прогно-шлиховой! за, объек-и литохи-ты для мический поисков методы, каналы	Геологи-ческая карта, прогно-ты для	Р <sub>3</sub> , Р <sub>2</sub>
Поиски	Перспектив-ные зоны и площади	Перспектив-ные участки рудопрояв-лений	-	Магматоген-ные, текто-нические, петрографи-ческие	М/л + г/х ореолы золота в склоновых отложениях	спутников	Геологи-ческая съемка (1:10000), шлиховой работ и литохими-ческий ме-тоды, элект-рометриче-ские методы, горно-буро-вые методы	Объекты для поис-ково-оче-ночных работ	Р <sub>2</sub> , Р <sub>1</sub>

Стадия работ	Объект		Факты прогнозирования				Методы поисков	Оценка	
	изучения	прогноза	Предпосылки		Признаки			Результаты	Ресурсы, запасы
			региональные	локальные	прямые	косвенные			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Поисково-оценочные работы	Перспективные участки рудопроявлений	Промышленные месторождения	—	Тектонические, петрографические	М/л + г/х золото	первичные ореолы: спутников	Горно-буровые методы, пробование, геологическая съемка, литохимический метод, картотаж	Объекты для предварительной разведки	$P_1, C_2$

\*М/л + г/х — минералогические и геохимические ореолы.

прогнозно-поисковых комплексов (ППК), для которых определяют конкретные объекты поисков на каждой стадии геологоразведочных работ (табл. 12).

В дальнейшем при рассмотрении методики поисков используется общепринятая классификация объектов поисков.

Комплексирование поисковых методов на разных стадиях работ иллюстрируется примером ППК для района развития коренных проявлений золото-кварцевой малосульфидной формации (табл. 13).

### **Ландшафтные условия ведения поисковых работ**

Ландшафтные условия региона (района) влияют на выбор рационального комплекса методов поисков и наиболее эффективного его осуществления.

На лабораторных занятиях могут выполняться задания по двум темам: составление карты ландшафтных условий проведения поисковых работ; составление схемы условий применения различных методов геологической съемки и поисков на основе карты ландшафтов района.

**Задание 1 м/п.** Составление карты ландшафтных условий проведения поисковых работ.

Исходные материалы и приборы: цветной диапозитив конкретного ландшафта (из фильмотеки диапозитивов по различным районам СССР и зарубежных стран); диаскоп для индивидуального просмотра и анализа диапозитива; подставка к биноклю МБС-1 (для освещения); карты тектоническая, металлогеническая и ландшафтно-географических зон СССР.

Основные вопросы:

на цветном диапозитиве: произвести общий обзор ландшафта: формы рельефа, водные потоки, растительность, почвы, обнаженность; составить топографическую и ландшафтную схему в масштабе, соответствующем размерам видимой в диапозитив площади и предполагаемому масштабу поисковых работ;

на ландшафтной схеме указать основные типы ландшафта (элювиальный, супераквальный, субаквальный);

дополнить схему данными о возможном геологическом строении рассматриваемой площади на основании анализа ее положения в определенных геологических структурах СССР;

разработать методику возможных поисковых работ с учетом геологического строения и ландшафтных условий: предлагаемые методы поисков; поисковая сеть (плотность, размещение); техника осуществления отдельных поисковых методов; транспортные условия ведения поисковых работ;

составить схему поисковых работ с указанием геологии, ландшафтных условий и методики поисков;

составить краткую объяснительную записку к проекту поисковых работ, указав в ней все рассмотренные выше вопросы.



Рис. 22. Схема дешифрирования ландшафтов района:

1 - 4 - типы ландшафтов (мощность рыхлых отложений в м): 1 - элювиальный (0 - 0,5), 2 - трансэлювиальный (0,5 - 1,5), 3 - супераквальный (1,5 - 2,5), 4 - субаквальный (2,5 - 3,0) ледниковых террас (а) и аллювиальных террас (б); 5 - проектируемые маршруты (а - опорные геолого-поисковые, б - штихового, обломочно-речного и литохимического опробования аллювиальных отложений)

Контрольное занятие по теме проводится в виде семинара, подводящего итоги выполненных самостоятельных заданий: в лаборатории устанавливаются экран и диапроектор "Свет" (или другого типа); на экране показываются последовательно отдельные цветные диапозитивы, кото-

рые были объектами самостоятельной работы студентов; показ диапозитивов сопровождается кратким докладом студента и обсуждением правильности решенного задания; по материалам семинара производится оценка выполненных заданий.

**Задание 2 м/п.** Составление схемы условий применения различных методов геологической съемки и поисков на основе карты ландшафтов района (полученной путем дешифрирования синтезированного космического снимка).

Исходные материалы: схема дешифрирования ландшафтов района (рис. 22).

Основные вопросы:

составить единую легенду, на которой отразить элементарные ландшафты и среднюю мощность рыхлых отложений;

составить ландшафтную схему ведения геологической съемки и поисков, показав на ней опорные линии маршрутов и рекомендуемых методов поисков полезных ископаемых.

Пример выполнения задания показан для одной (юго-западной) части района.

Самостоятельно необходимо выполнить эту задачу для всей остальной территории района.

### Отдельные стадии геологоразведочных работ

Задания по данной теме включают разработку проектов поисков твердых полезных ископаемых для первых четырех стадий геологоразведочных работ.

Методика геологосъемочных работ (ГСР) первых двух стадий определяет и методику сопровождающих их прогнозов и поисков полезных ископаемых (рис. 23).

Вторая (II) стадия геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками включает использование методов поисков, опережающих, сопровождающих и завершающих съемку. При этом ориентируются на все виды твердых полезных ископаемых.

Опережающие работы выполняют для подготовки условий эффективного проведения геологической съемки и общих поисков. Эти работы включают аэрометоды, площадные геофизические, геохимические и минералогические (шлиховые) исследования.

Сопровождающие геологическую съемку поиски ведутся визуальными геолого-минералогическими методами (обломочно-речным, валуно-ледниковым, изучения и оценки выходов полезных ископаемых). При необходимости они дополняются геохимическим опробованием на точках наблюдения и описанием естественных обнажений при геологической съемке.

В районах, ранее закартированных в масштабе 1 : 50 000, но требующих дальнейших исследований, проводят геологическое доизучение (ГДП) площадей в том же масштабе.

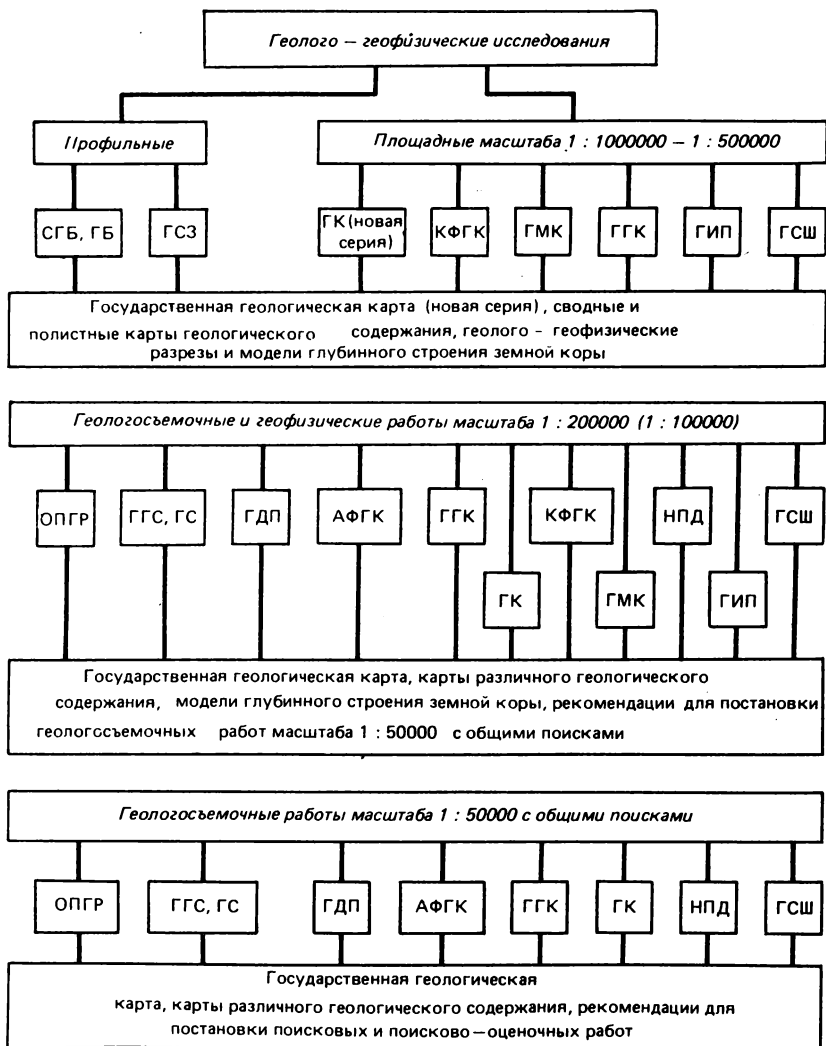


Рис. 23. Схема основных видов геологосъемочных работ (Мингео СССР) :

ГСЗ – глубинное сейсмическое зондирование; СГБ, ГБ – сверхглубокое и глубокое бурение; ГК – подготовка к изданию Государственной геологической карты; КФГК – космофотогеологическое картирование; ГМК – геолого-минералогическое картирование; ГГК – глубинное геологическое картирование; ГИП – геологическое изучение площадей заложения сверхглубоких и глубоких скважин; ГСШ – геологическая съемка шельфа; ОПГР – опережающие площадные геофизические работы; ГГС – групповая геологическая съемка; ГС – геологическая съемка; ГДП – геологическое доизучение площадей; АФГК – аэрофотогеологическое картирование; НПД – наземная проверка результатов дешифрирования космических снимков

На площадях, перекрытых поздними отложениями, производят глубинное геологическое картирование (ГГК).

В итоге геологического картирования любого из указанных видов работ составляют кондиционные геологические карты, а также прогнозные карты: карту закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых или прогнозно-металлогенические карты (схемы).

Завершающие геологическую съемку работы выполняют в виде общих поисков в пределах перспективных структур, выделенных при съемке. Они могут выполняться в наземных или глубинных вариантах.

Общие поиски проводят рациональным комплексом геолого-минералогических, геохимических и геофизических методов с учетом геологических и ландшафтных условий района [15]. Скрытые объекты, прогнозируемые на значительной глубине, могут вскрываться единичными глубокими скважинами.

Полученные при общих поисках данные отражаются на геологических картах масштаба 1 : 50 000, которые могут сопровождаться более крупномасштабными геологическими и прогнозными схемами перспективных объектов. Для таких схем оценивают прогнозные ресурсы категории  $P_2$ . Перспективными объектами, которые оконтуриваются на картах, могут являться аномальные поля, которые фиксируют отдельные месторождения или их совокупность, т.е. продуктивные (рудные) поля.

Перспективные объекты (зоны и др.) выделяют путем объединения отдельных аномалий и проявлений полезных ископаемых единым контуром, который проводят в соответствии с пространственным положением и другими предпосылками прогнозирования. Иными словами, контуры перспективной зоны должны быть "геологическими", а не "геометрическими" (рис. 24).

В пределах перспективной зоны выделяют отдельные части, где предполагается постановка поисковых или поисково-оценочных работ. Оконтуривание этих площадей или участков должно подчиняться следующим правилам.

Границы этих единиц "геометрические", они ориентируются параллельно рамкам геологических карт (см. рис. 24).

Если невозможно провести все четыре границы указанным способом, то минимум две границы должны быть параллельны рамкам карты. Это рекомендуется для того, чтобы в дальнейшем избежать ошибок в определении ориентировки всех геологических образований и аномалий различного типа. Профили поисковых работ ориентируют перпендикулярно геологическим структурам.

Конечная цель поисков — обнаружение месторождений полезных ископаемых, характерных в данной геологической обстановке. Если эта задача не выполнена, то выделяют перспективную площадь для постановки стадии поисковых работ. Для решения этой промежуточной задачи общие поиски выполняют рациональным общим комплексом методов поисков по профилям вкрест простирания перспективной зоны. При

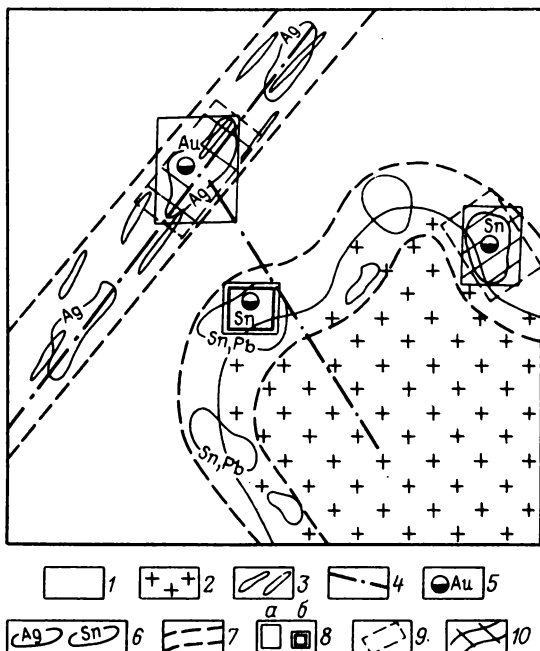


Рис. 24. Оконтуривание перспективных зон и площадей для постановки поисковых и поисково-оценочных работ:

1 – вулканогенно-осадочные образования; 2 – граниты; 3 – дайки диорит-порфиров; 4 – разрывные нарушения; 5 – рудопроявления; 6 – литохимические аномалии; 7 – перспективные зоны, выделенные "геологическим" способом по совокупности предпосылок и признаков прогнозирования; 8 – перспективные площади, выделенные "геометрическим" способом для постановки поисковых (а) и поисково-оценочных (б) работ; 9 – неправильный контур площади для постановки поисковых работ; 10 – ориентировка профилей проектируемых работ (перпендикулярно геологическим структурам)

условии более определенного выяснения возможного вида прогнозируемого полезного ископаемого рациональный комплекс методов специализируют применительно к характеру аномалий, создаваемых искомым объектом.

Проектирование работ выполняется на карте "Проект геологической съемки масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками", которая составляется на ландшафтной основе. На карту наносят контуры главных геологических объектов и аномалий, а также проектируемые работы (геолого-поисковые маршруты, профили литохимического и шлихового опробования и др.).

**Задание 1 м/п.** Разработка проекта геологосъемочных работ масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с общими поисками.

Исходные материалы: геологическая карта района . . . масштаба 1 : 200 000; карта закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых района . . . масштаба 1 : 200 000.

Лабораторная база: альбом карт (геологических, прогнозных масштаба 1 : 200 000); иллюстративные материалы.

Основные вопросы:

составить предварительную прогнозно-металлогеническую схему района в масштабе проектируемых работ (1 : 50 000 или 1 : 25 000);

составить геологическое задание на геологосъемочные работы масштаба 1 : 50 000 с общими поисками;

разработать проект групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 с общими поисками на ландшафтной основе, где отражены

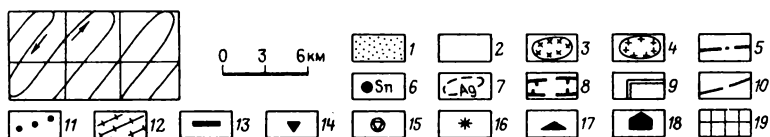
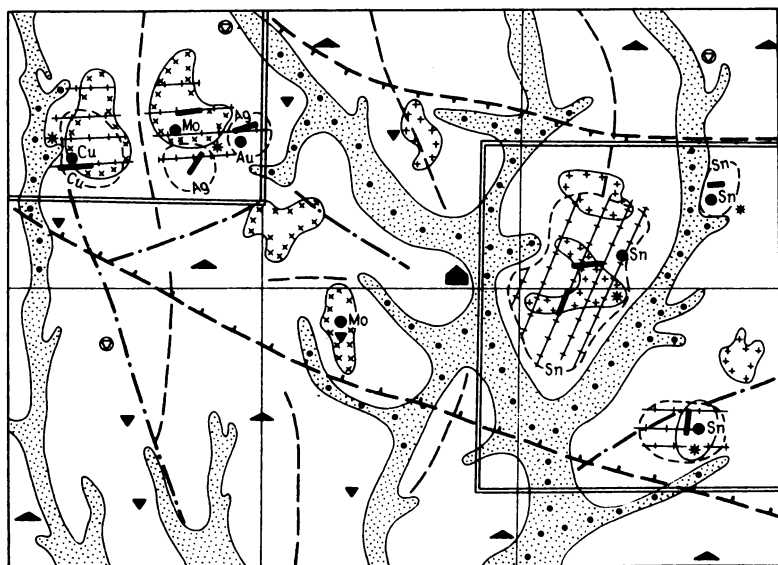


Рис. 25. Проект групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 с общими поисками:

1 – аллювиальные отложения мощностью 3 – 5 м; 2 – вулканогенно-осадочные образования ( $K_1$ ), перекрытые склоновыми рыхлыми отложениями мощностью 0,5 – 2,0 м; 3 – гранодиориты, диориты ( $K_2$ ); 4 – граниты, гранит-порфиры ( $K_2$ ); 5 – разрывные нарушения; 6 – рудопроявления; 7 – литохимические аномалии; 8 – перспективная зона для поисков оруденения, связанного с интрузиями; 9 – перспективная площадь (аномальное поле); 10 – 16 – проектируемые работы: 10 – геолого-поисковые маршруты, 11 – шлиховое и литохимическое опробование аллювиальных отложений, 12 – профили литохимического опробования склоновых отложений, 13 – каналы, 14 – геологосъемочные, 15 – тематические (литологические, стратиграфические, магматические), 16 – поисковые; 17 – места посадок авиадсантов; 18 – база партии; 19 – планшеты геологической съемки масштаба 1 : 50000. Схема маршрутов аэромагнитной и аэрогамма-спектрометрической съемок указана под картой слева

также геологические объекты, перспективные в отношении полезных ископаемых;

составить объяснительную записку к проекту.

Пример выполнения задания 1 м/п. Разработка проекта групповой геологической съемки масштаба 1 : 50 000 с общими поисками ведется для 6 планшетов (рис. 25). На карте выделены ландшафтные поля, основные геологические образования, проявления полезных ископаемых и геологические аномалии. Оконтурены перспективная зона и перспек-

тивные аномальные площади для постановки поисковых работ. Проектом предусмотрено создание десантных отрядов, которые должны изучать опорные геологические объекты, проводить геолого-поисковые маршруты, шлиховое и литохимическое опробование.

Особое внимание обращено на детализационные работы — литохимическое опробование склоновых отложений в пределах геохимических аномалий, выявленных на предыдущей стадии.

**Задание 2 м/п.** Разработка проекта поисковых работ. Поисковые работы (III стадия) проводят на определенный вид полезного ископаемого на новой перспективной площади или на ранее опоскованных площадях в случае изменения представлений об их перспективах.

Поиски осуществляются в наземном или в глубинном вариантах специализированным комплексом методов. Проявления полезных ископаемых опробуются, аномалии вскрываются единичными выработками или скважинами.

Проект и результаты поисковых работ отражают на схематических геологических картах масштабов 1 : 25 000 и 1 : 10 000 (1 : 5 000 — для малых месторождений пьезооптических минералов, драгоценных камней и др.), составляемых в процессе поисков на основе имеющихся карт 1 : 50 000 или 1 : 25 000.

В итоге поисковых работ выделяют участки с проявлениями полезных ископаемых с оценкой прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_1$ .

Проект поисков предусматривает проведение площадных поисков по профилям. Рациональный комплекс специализированных методов выбирают в соответствии с характером аномалий, создаваемых прогнозируемым объектом. На карте показывают опорные профили с указанием методов поисков (в том числе горных выработок и буровых скважин).

При составлении проекта поисков следут решить ряд вопросов: масштаб работ; параметры поисковой сети (ориентировка, расстояния между профилями и пунктами наблюдений) рациональный комплекс методов; объемы проектируемых работ по каждому методу; графическое оформление проекта.

Масштаб работ выбирается в зависимости от размеров площади и параметров ожидаемого объекта. Для площади 80 — 300 км<sup>2</sup> — 1 : 25 000, 80 — 30 км<sup>2</sup> — 1 : 10 000; 30 — 15 км<sup>2</sup> — 1 : 5 000. Параметры поисковой сети должны быть такими, чтобы не пропустить искомый объект (с учетом выбранного масштаба и применяемого метода изучения поля). Ориентировка профилей — средняя составляющая по отношению к простиранию главных геологических и других объектов. Горные выработки (канавы, шурфы) проектируют для вскрытия выходов полезного ископаемого, аномалий или геологических структур на линиях поисковых профилей или в их створе. Буровые скважины (обычно единичные) проектируют для вскрытия прогнозируемых скрытых объектов, а также в створе поисковых профилей.

Объем горных выработок определяют следующим образом: подсчитывают объем выработок (канавы — в м<sup>3</sup>; шурфы — в пог. м), которые

можно показать на проекте (плюс резерв для вскрытия тех объектов, которые будут выявлены в процессе поисков). Резерв может составлять от 10 до 30 % объема работ, показанных на проекте.

Максимальный объем горных работ и буровых скважин определяют конкретно по проекту, но с учетом реальных возможностей его выполнения в данных ландшафтных условиях и в пределах планируемых средств. При этом необходимо ориентироваться на механизацию работ.

Исходные материалы: прогнозно-металлогеническая карта масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000) с выделенными на ней площадями, перспективными для постановки поисковых работ.

Лабораторная база: альбом прогнозно-металлогенических карт масштаба 1 : 50 000 (1 : 25 000), иллюстративные и справочные материалы.

Основные вопросы:

составить (путем увеличения) схематическую геологическую карту перспективной площади в масштабе 1 : 10 000 (иногда 1 : 25 000 или 1 : 5000);

составить карту "Проект поисковых работ на перспективной площади". На этой карте цветом показывают элементарные ландшафты, цветными линиями — все геологические, минералого-геохимические и геофизические аномалии, имеющие значение для прогноза;

разработать рациональный комплекс поисковых методов, показав их на карте "Проект . . .", а также опорные профили, по которым будут выполняться геолого-поисковые маршруты, геохимические и геофизические исследования; горные выработки (канавы, траншеи, шурфы) и буровые скважины (показываются наиболее контрастными знаками);

составить объяснительную записку к проекту.

Отчетные документы: перечисленные карты (с разрезами) и объяснительная записка.

Пример выполнения задания 3 м/п. Разработка проектов поисков скрытого объекта, создающего отчетливые простые геофизические аномалии (рис. 26).

В южной части площади выявлено и разведано месторождение железистых кварцитов, в составе которых преобладает магнетит. Основная площадь погребена под толщей рыхлых отложений мощностью 50 м и более. В пределах этой площади прослеживаются магнитные аномалии высокой интенсивности, по которым прогнозируется продолжение горизонтов железистых кварцитов. Ориентируясь на аномалии, проектируют поисковые работы. Первый этап — бурение картировочных скважин, которыми должны быть вскрыты коренные породы на глубину 20 — 50 м. Второй этап — бурение поисковых скважин для выявления горизонтов железистых кварцитов с оценкой прогнозных ресурсов по категории  $P_2$ .

Пример выполнения задания 4 м/п. В районе развита толща карбонатных пород, благоприятных для локализации оруденения. Значительная часть района закрыта рыхлыми четвертичными отложениями

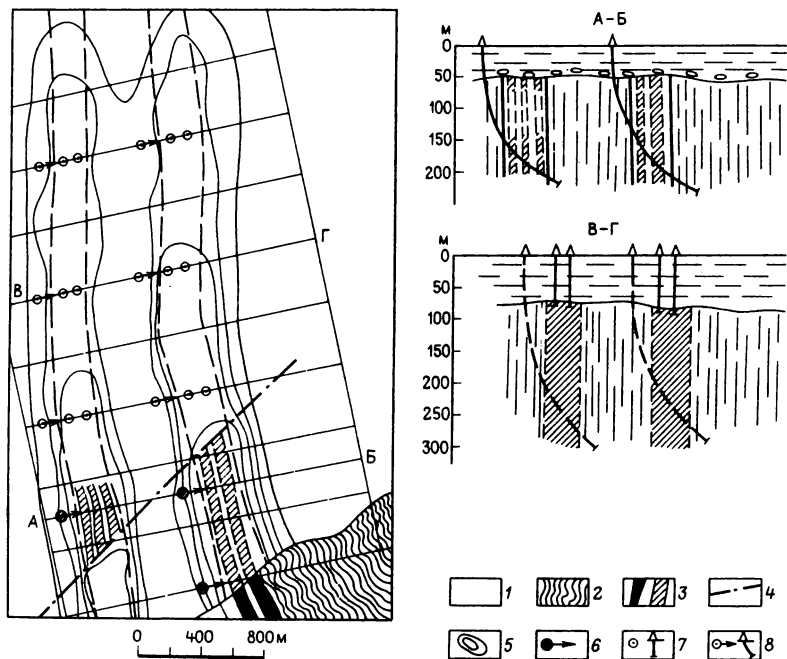


Рис. 26. Проект поисков погребенных продолжений горизонтов железистых кварцитов:

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2, 3 – архейские образования: 2 – кристаллические сланцы, 3 – железистые (магнетитовые) кварциты; 4 – разрывные нарушения; 5 – магнитные аномалии; 6 – пробуренные скважины; 7, 8 – проектируемые скважины: 7 – картировочные, 8 – поисковые

мощностью 20 – 50 м. В процессе глубинного геологического картирования масштаба 1 : 50 000 с общими поисками вскрыты коренные породы и выявлены литохимические аномалии свинца и цинка. Прогнозируется развитие стратиформного оруденения в карбонатных породах.

Проектом предусматривается выполнение следующих видов поисковых работ (рис. 27):

продолжение бурения картировочных скважин (вскрытие коренных пород на 20 – 30 м);

проходка магистральных канав на литохимических аномалиях;

бурение поисковых скважин также на участках аномалий.

Керн коренных пород из картировочных и поисковых скважин подвергается вначале литохимическому опробованию, а затем – рудному опробованию.

В итоге оценивают прогнозные ресурсы категории  $P_2$ .

Пример выполнения задания 5 м/п. Разработка проекта поисковых работ на перспективной площади, где прогнозируется объект,

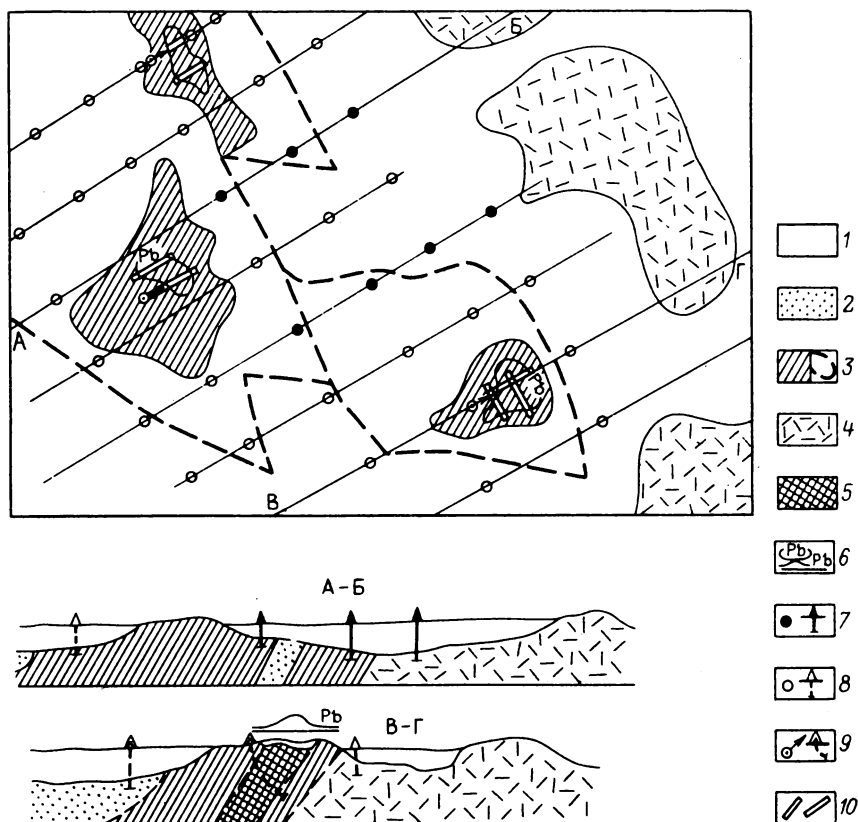


Рис. 27. Проект поисков свинцово-цинковых руд стратиформной формации, создающих отчетливые простые геохимические аномалии:

1 – четвертичные отложения; 2 – верхнедевонские песчаники и алевролиты; 3 – карбонатные породы и контуры их развития под четвертичными отложениями; 4 – вулканиты; 5 – прогнозируемое свинцово-цинковое оруденение; 6 – литохимические аномалии; 7 – пробуренные картировочные скважины; 8 – 10 – проектируемые работы: 8 – картировочные скважины, 9 – поисковые скважины, 10 – каналы

создающий сложные комплексные минералого-геохимические и геофизические аномалии (рис. 28).

На предыдущей стадии работ выделена перспективная площадь, сложенная терригенными породами, которые пересечены дайками гранодиоритов, кварцевыми и кварц-сульфидными жилами с видимым золотом. Рудные жилы были обнаружены по литохимическим потокам в аллювии, а затем при детализационных работах – по вторичным ореолам в склоновых отложениях.

Проектом поисковых работ предусмотрено проведение литохимической съемки по сети 100 x 25 м, а также съемок магнитной и методом

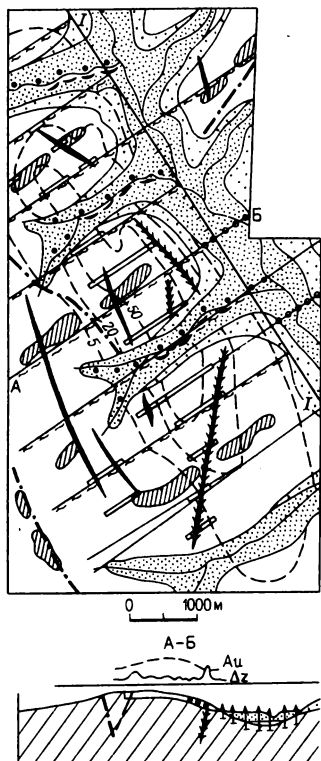


Рис. 28. Проект поисковых работ на перспективной площади развития проявлений золотого оруденения:

1 – верхнетриасовые песчаники и алевролиты; 2 – дайки гранодиоритов; 3 – жилы кварцевые и кварц-сульфидные с видимым золотом; 4 – разрывные нарушения; 5 – 8 – типы ландшафтов (мощность рыхлых отложений в м): 5 – элювиальный (менее 0,4), 6 – трансэлювиальный (0,4 – 1,0), 7 – супераквальный (1,0 – 4,0), 8 – субаквальный (4,0 – 8,0); 9, 10 – литохимические аномалии золота: 9 – аллювиальные потоки, 10 – ореолы в склоновых отложениях; 11 – 16 – проектируемые работы: 11 – магистральный профиль, 12 – опорные профили литохимического опробования по первичным и вторичным ореолам (сеть 100 x x 25 м), 13 – профили магнитной съемки и ВП-съемки (сеть 500 x 20 м), 14 – каналы, 15 – шлиховые пробы, 16 – скважины (или шурфы)

ВП. Магистральными каналами должны быть вскрыты вторичные ореолы золота с максимальной интенсивностью, короткими каналами – некоторые рудные жилы.

Для проверки возможного наличия россыпей золота проектируется проведение шлихового опробования аллювиальных отложений и проведение одного профиля скважин (или шурфов) в восточной части площа-

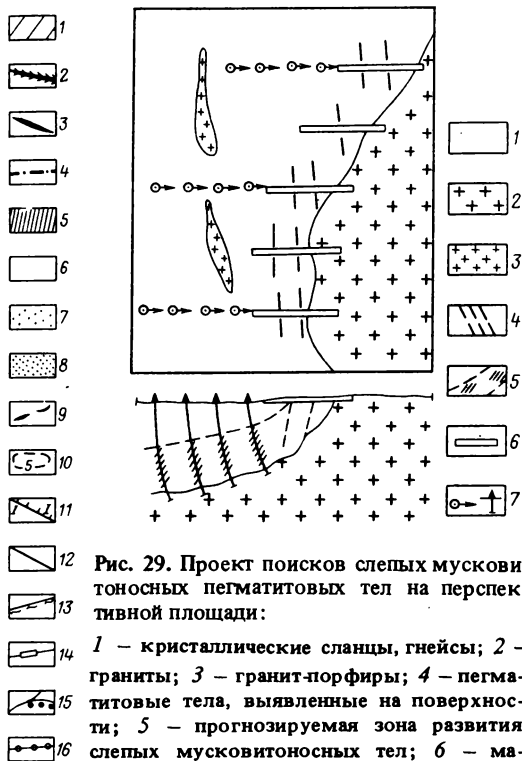


Рис. 29. Проект поисков слепых мусковитоносных пегматитовых тел на перспективной площади:

1 – кристаллические сланцы, гнейсы; 2 – граниты; 3 – гранит-порфиры; 4 – пегматитовые тела, выявленные на поверхности; 5 – прогнозируемая зона развития слепых мусковитоносных тел; 6 – магистральные каналы (проеденные); 7 – проектируемые скважины

ди, где основная речная долина должна быть насыщена тяжелой фракцией выпадающих в нее притоков.

Пример выполнения задания 6 м/п. Разработка проекта поисков объектов, создающих неотчетливые геохимические и геофизические аномалии. В данном примере рассматриваются мусковитоносные пегматиты, залегающие среди пород, геохимические и геофизические свойства которых близки к таким же свойствам пегматитов.

При поисках применяются горные выработки и скважины (рис. 29). Другие методы возможно использовать в качестве дополнительных. Выявление слепых пегматитовых тел осуществляется путем бурения скважин на основании общего геологического прогноза.

**Тема задания.** Разработка проекта поисково-оценочных работ.

Основная цель работ – оценка возможного промышленного значения выявленных месторождений и выделение объектов для постановки предварительной разведки с оценкой запасов  $C_2$  (частично) и прогнозных ресурсов категории  $P_1$ .

Объекты поисково-оценочных работ – участки проявлений полезных ископаемых на поверхности или на глубине. Для правильной оценки объектов необходимо знать модели известных месторождений по морфологии и распределению полезных компонентов. Выделяют несколько групп месторождений, с которыми сравнивают прогнозируемые объекты (табл. 14).

Главные методы поисково-оценочных работ – горно-буровые методы и опробование; дополнительные методы – геологические, геохимические и геофизические. С их помощью осуществляют площадные детальные геохимические и геофизические исследования поверхностных и приповерхностных частей предполагаемого месторождения. Геологическое картирование и изучение выходов тел полезного ископаемого выполняют путем проходки канав, траншей, шурфов и скважин. На участках с прогнозируемыми скрытыми телами полезного ископаемого бурят глубокие скважины.

Канавы, траншеи, шурфы задают в зависимости от масштаба объекта на расстояниях от 20 до 100 м. Для прослеживания всей свиты жил или рудных зон, а также для оконтуривания штокверков применяют магистральные канавы различной длины.

В зависимости от типа объекта разрабатывают и осуществляют системы поисково-оценочных пересечений буровыми скважинами. Параметры их сети определяют с учетом сети предварительной разведки. Эта сеть соответственно разрежается в два или три раза.

Например, если для получения запасов категории  $C_1$  при предварительной разведке сеть скважин 200 x 200 м, то на стадии поисково-оценочных работ для подсчета запасов категории  $C_2$  сеть разрежается до 400 x 400 м или 300 x 300 м.

Ориентировка сети поисково-оценочных пересечений также должна проектироваться с учетом сети пересечений возможной будущей предварительной разведки.

В проекте поисково-оценочных работ особое внимание следует

Группа проявлений	Горизонтально или пологозалегающие тела		Наклонно залегающие и крутопадающие тела	
	непрерывные (сплошные)	прерывистые	непрерывные (сплошные)	прерывистые
Пластовые, пластообразные, плащеобразные				
Первая	Уголь, горючие сланцы, фосфориты, бокситы, строительные материалы (глины и др.), руды железа и марганца, соли	Силикатно-никелевые руды, россыпи тяжелых минералов (прибрежно-морские)	Уголь, горючие сланцы, фосфориты, бокситы, руды железа и марганца, соли	Стратиформные руды меди, свинца и цинка, вольфрама, золота
Жильные тела, рудные зоны, линзовидные и лентообразные тела				
Вторая	Колчеданные руды меди, свинца, цинка	Золото, олово, вольфрам, литий, бериллий, медь, свинец, цинк, никель, кобальт, россыпи тяжелых минералов (аллювиальные)	Барит, сидерит, кварц (для плавки), колчеданные руды меди, свинца, цинка	Золото, серебро, олово, вольфрам, молибден, литий, бериллий, тантал, свинец, медь, цинк
Массивы, штокверки				
Третья	Лакколиты изверженных пород (как строительные материалы), соляные купола	—	Штоки изверженных пород (строительные материалы)	Штокверки эндогенных руд меди, молибдена, золота, олова, вольфрама и других элементов
Гнездообразные, древовидные, трубообразные тела				
Четвертая	Бокситы в карстовых впадинах	Россыпи тяжелых минералов в карстовых впадинах (ложковые), магнетиты, силикатно-никелевые руды	Хромиты, кинварные руды	Алмазоносные кимберлиты, пьезосырье в камерных пегматитах (кварц) или в базальтовых лавах (кальцит)

уделить рядовому и технологическому опробованию.

В итоге составляют предварительные геологические карты и разрезы участка проявления полезного ископаемого.

Крупные месторождения (угольные, железорудные, известняковые

толщи и др.) отображаются на картах масштаба 1 : 25 000 – 1 : 10 000; меньшие по размерам месторождения могут быть отображены на картах масштаба 1 : 5 000 – 1 : 2 000; для небольших месторождений (редких и драгоценных металлов и минералов) наиболее целесообразен масштаб 1 : 1 000.

По данным поисково-оценочных работ уточняют геолого-промышленный тип месторождения, подсчитывают запасы категории  $C_2$  (частично) и оценивают прогнозные ресурсы категории  $P_1$ . Для принятия решения о целесообразности и сроках проведения предварительной разведки разрабатывают технико-экономические соображения (ТЭС).

Рассмотрим примеры проектирования и методики проведения поисково-оценочных работ на проявлениях экзогенных и эндогенных полезных ископаемых выделенных групп (см. табл. 14) с различными морфологическими и качественными характеристиками, локализующихся в разных геотектонических условиях.

**Задание 7 м/п.** Разработка проекта поисково-оценочных работ на участках проявлений полезных ископаемых.

Исходные материалы: схематические геологические карты участков проявлений полезных ископаемых (масштаб 1 : 25 000, 1 : 10 000, 1 : 5 000, 1 : 2 000, 1 : 1 000) с элементами прогноза.

Лабораторная база: альбом карт, иллюстрированные материалы; программируемые микрокалькуляторы "Электроника – МК-56".

Основные вопросы:

на карте и разрезе выделить прогнозируемый объект;

составить геологическое задание;

разработать проект поисково-оценочных работ (графический и текстовой).

Примеры выполнения задания 7 м/п рассмотрены в соответствии с группировкой проявлений твердых полезных ископаемых (см. табл. 14).

Горизонтально или пологозалегающие проявления полезных ископаемых (первой группы) могут выходить на поверхность в долинах рек, но в основном являются скрытыми (погребенными или слепыми). Главный тип поисково-оценочных пересечений – шурфы или скважины (на выходах – канавы, траншеи), сеть пересечений – квадратная или прямоугольная. Глубина пересечений определяется глубиной залегания верхней кромки ожидаемого объекта плюс его мощность и обязательный выход пересечения в подстилающие породы на 5 – 50 м в зависимости от конкретных условий.

Пример 1 (рис. 30 – 1). Бурые угли (мощность пласта около 4 м), обнаженные в обрыве речной долины, вскрываются канавами. Погребенные продолжения углей, имеющие сложные контуры в плане, прослеживают и оценивают с помощью вертикальных скважин. Например, на глубоко погребенных залежах углей Подмосковского бассейна сеть поисково-оценочных скважин квадратная (1000 x 1000 м), площадь угольных залежей от нескольких квадратных километров до 150 км<sup>2</sup>.

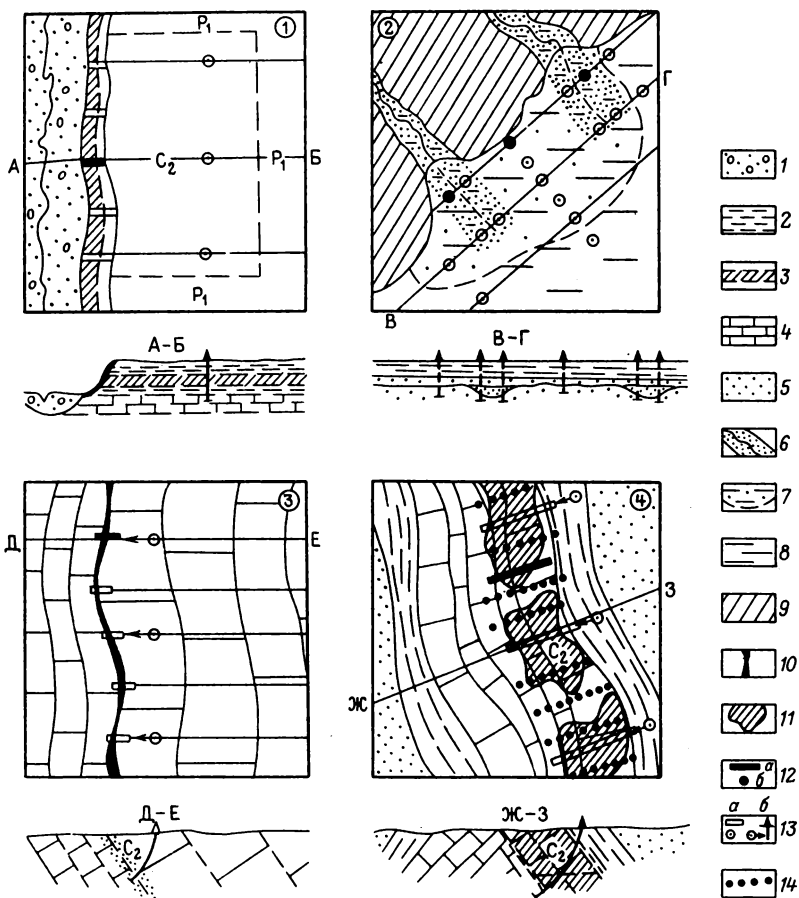


Рис. 30. Проект поисково-оценочных работ на участках проявлений полезных ископаемых, тела которых имеют пластовую, пластообразную или плащеобразную форму:

1 – четвертичные рыхлые отложения; 2 – алевролиты, углисто-глинистые сланцы; 3 – угли бурые; 4 – известняки, доломиты; 5 – песчаники; 6, 7 – россыпи тяжелых минералов: 6 – аллювиальные долинные, 7 – прибрежно-морские; 8 – область моря; 9 – континентальная область; 10 – проявления бокситов; 11 – литохимические аномалии свинца и цинка; 12 – выполненные поисковые работы (а – каналы, б – скважины); 13 – проектируемые работы (а – каналы, б – скважины); 14 – профили литохимического опробования коренных пород  
Цифры в кружках – номера примеров

Контуры ожидаемых запасов категории  $C_2$  должны включать ту часть залежи, на базе которой может проектироваться эксплуатационный карьер или шахта определенной производительности. Прогнозные ресурсы категории  $P_1$  оценивают на флангах объекта с учетом геологических условий развития полезного ископаемого.

Пример 2 (см. рис. 30 – 2). Горизонтально залегающие проявления с прерывистым распределением полезного компонента представлены современными и древними (прибрежно-морскими) россыпями тяжелых минералов (золото, алмазы, касситерит, минералы титана). Эти объекты оценивают на основании данных, полученных при бурении вертикальных скважин по прямоугольной сети, параметры которой определяются размерами шпиховой минералогической аномалии, выявленной при поисках. На площадях современных прибрежно-морских россыпей бурение ведут со специальных плавучих средств. При этом учитывают возможное наличие погребенных продолжений аллювиальных россыпей.

Наклонно залегающие и крутопадающие проявления полезных ископаемых первой группы имеют в плане линейную, иногда эллиптическую форму.

Пример 3 (см. рис. 30 – 3). Проявления с непрерывным (сплошным) распределением полезных компонентов представлены бокситами, наклонно залегающими в толще карбонатных отложений. Поисково-оценочные работы здесь начинаются с проходки канав вкостр простирания выходов бокситов, расстояния между канавами от 25 до 10 м. После получения результатов опробования по канавам приступают к бурению наклонных (или вертикальных) скважин с всячего бока рудного пласта на глубину 150 – 200 м. Параметры сети скважин выбирают путем разрежения сети предварительной разведки для данной группы месторождений в соответствии с рекомендациями ГКЗ. Запасы категории  $C_2$  могут быть выделены в пределах глубины бурения.

Пример 4 (см. рис. 30 – 4). Проявления с прерывистым распределением полезных компонентов представлены стратиформным объектом – прожилково-вкрапленными свинцово-цинковыми рудами в наклонно залегающем горизонте карбонатных отложений. На первом этапе поисково-оценочных работ необходимо выполнить литохимическое опробование этого горизонта. На выявленных геохимических аномалиях свинца (меди) проходят магистральные каналы для пересечения всего рудовмещающего горизонта (см. рис. 30 – 4). Глубокие пересечения создаются наклонными скважинами, расстояния между профилями которых от 200 до 800 м, что соответствует разреженной сети для предварительной разведки подобных объектов. Запасы категории  $C_2$  подсчитывают на глубину подсечения рудного горизонта скважинами, в плане они оконтуриваются в пределах одной из литохимических аномалий.

Проявления второй группы включают жильные тела, рудные зоны, линзовидные и лентообразные залежи, горизонтально или наклонно залегающие.

Пример 1 (рис. 31 – 1). Линзовидная залежь медно-колчеданных руд, горизонтально залегающая среди вулканогенных отложений, выявлена при поисках по геофизической аномалии (метод МПП), а затем подтверждена данными вертикального бурения. Поисково-оценочные работы включают бурение нескольких скважин на трех профилях. Запасы категории  $C_2$  могут быть подсчитаны в блоке, прилегающем к центральной скважине.

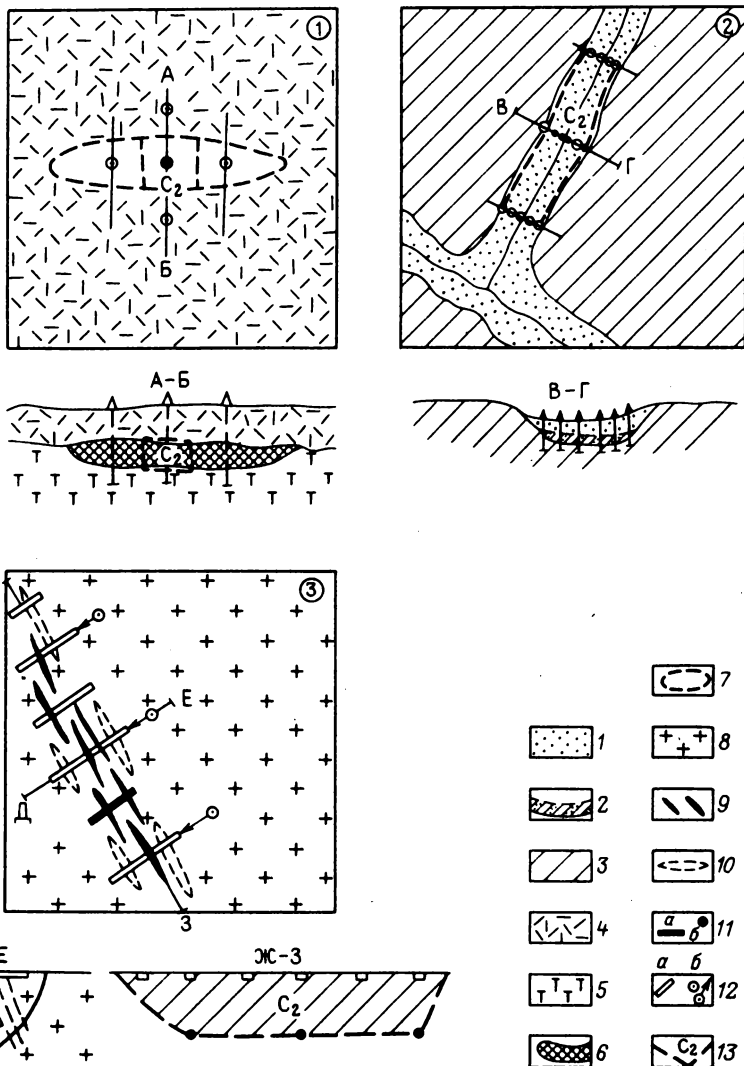


Рис. 31. Проект поисково-оценочных работ на участках проявлений полезных ископаемых, тела которых имеют жильную, линзовидную и лентообразную форму:

1 - аллювиальные отложения; 2 - прогнозируемая россыпь касситерита; 3 - терригенная толща; 4 - эффузивы; 5 - туфы; 6 - залежь колчеданных руд; 7 - аномалия МПП; 8 - граниты; 9 - сульфидно-кварцевые жилы с золотом; 10 - аномалии ЭП; 11 - выполненные поисковые работы (а - канавы, б - скважины); 12 - проектируемые поисково-оценочные работы (а - канавы, б - скважины); 13 - контур ожидаемых запасов категории  $C_2$ .

Цифры в кружках - номера примеров

Пример 2 (см. рис. 31 — 2). Аллювиальная россыпь тяжелых минералов имеет в плане лентообразную форму, в разрезе — горизонтальное залегание. Поисково-оценочные работы ведутся вертикальными пересечениями (шурфами или скважинами). Профили пересечений ориентированы вкрест простирания долин, расстояния между профилями от 200 до 1500 м в зависимости от размеров долины. Расстояния между отдельными пересечениями колеблются от 10 до 40 м, что вызвано необходимостью выявления промышленных концентраций тяжелых минералов с весьма прерывистым распределением в толще рыхлых отложений. Запасы  $C_2$  оконтурены в пределах блока между крайними профилями.

Крутопадающие жильные и рудные зоны характеризуются линейной формой в плане и наличием серии (свиты) параллельно расположенных тел. Поисково-оценочные работы на таких объектах проведены последовательно по этапам:

геологическая съемка масштабов 1 : 10 000 или 1 : 5000, сопровождаемая геофизическими и геохимическими исследованиями для выявления аномалий, которые могут быть обусловлены ранее неизвестными жильными телами или рудными зонами, связанными с разрывными нарушениями:

проходка канав (магистральных и коротких) на расстояниях 25 — 100 м; количество магистральных канав должно быть минимальным, но достаточным для получения надежных разрезов вмещающих пород и достоверного пересечения жильных тел или рудных зон;

глубокие пересечения осуществляются несколькими скважинами глубиной 100 — 150 м (или 150 — 250 м), которые задают висячем боку жил или зон с расчетом пересечения всего рудного разреза.

Запасы  $C_2$  выделяют до горизонта подсечения рудных тел скважинами.

В третьей группе проявлений полезных ископаемых выделяют массивы и штокверки.

Пример 1 (рис. 32 — 1). Лакколитообразный массив изверженных (интрузивных) пород полого залегает в толще вулканогенно-осадочных отложений. Если изверженные породы могут быть использованы в качестве строительного камня, то выбирают участок массива, наиболее благоприятный для отработки карьером определенной производительности. В пределах этого участка по редкой сети проходят шурфы для отбора необходимых проб и изучения структуры массива. Параметры сети поисково-оценочных пересечений — от 0,5 до 2,0 км. Для определения глубины распространения изверженных пород желательно пробурить хотя бы одну вертикальную структурную скважину глубиной 150 — 250 м.

Пример 2 (см. рис. 32 — 2). Объекты с прерывистым распределением полезных компонентов представлены проявлениями меднопорфирового типа, штокверками оловянных, вольфрамовых, молибденовых и золотых руд. Методика поисково-оценочных работ на этих объектах следующая:

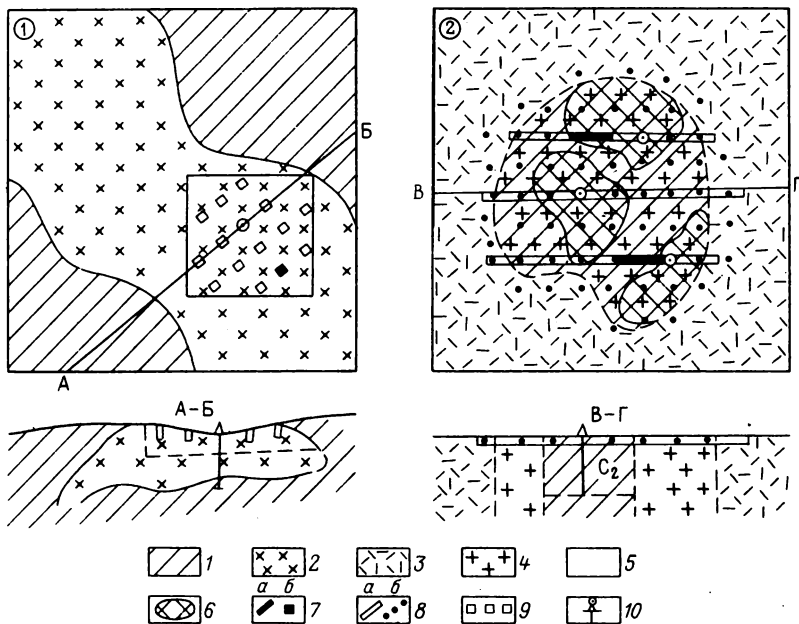


Рис. 32. Проект поисково-оценочных работ на участках проявлений полезных ископаемых, тела которых имеют форму массивов, штоков и штокверков:

1 – кристаллические сланцы; 2 – гранодиориты; 3 – вулканиты; 4 – граниты; 5 – литохимические аномалии молибдена и элементов-спутников; 6 – штокверк; 7 – выполненные поисковые работы (а – каналы, б – шурфы); 8 – проектируемые поисково-оценочные работы: 8 – каналы (а) и профили литохимического опробования коренных пород (б); 9 – шурфы; 10 – скважины.

Цифры в кружках – номера примеров

литохимическое и минералогическое опробование поверхности по сети 40 x 40 м, 50 x 50 м или 100 x 100 м, сопровождаемое геологической съемкой масштаба 1 : 2000, 1 : 5000, иногда 1 : 1000 или 1 : 10000 в зависимости от размеров площади прогнозируемого штокверка; пробы отбирают из коренных обнажений или неглубоких (0,5 – 1,5 м) шурфов;

магистральные каналы по профилям, пересекающим главные геохимические или минералогические аномалии; опробование всего разреза пород, вскрытых каналами;

бурение нескольких скважин, расположенных на участках максимумов и минимумов аномалий в створе магистральных каналов, в узлах общей поисково-оценочной сети, ранее использованной при литохимическом опробовании; расстояния между скважинами не более 400 м; скважины вертикальные или наклонные.

Блоки запасов категории  $C_2$  определяются в плане контурами наиболее значительных аномалий; по вертикали они ограничены горизонтом забоя скважин или горизонтом подсечения штокверков.

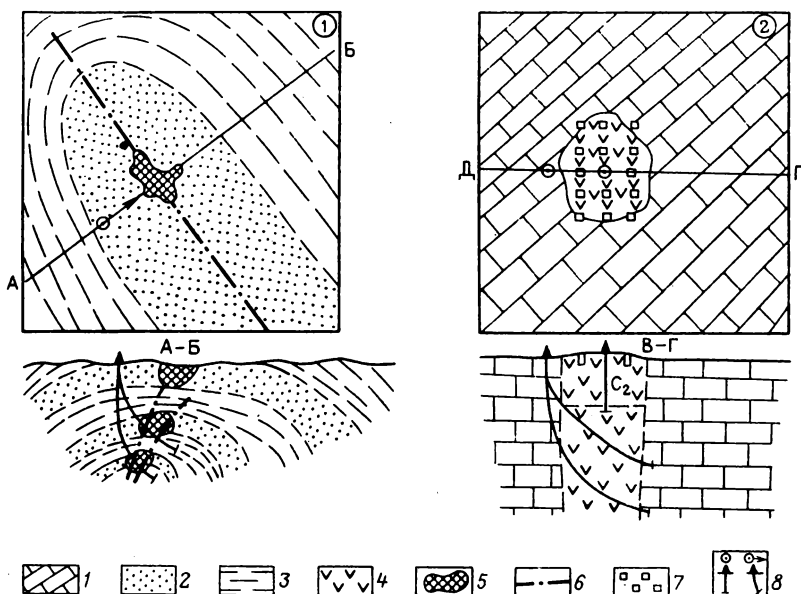


Рис. 33. Проект поисково-оценочных работ на участках проявлений полезных ископаемых, тела которых имеют гнездо- и трубообразную форму:

1 – карбонатные породы; 2 – песчаники; 3 – алевролиты и углисто-глинистые сланцы; 4 – кимберлиты; 5 – залежи киноварных руд; 6 – разрывные нарушения; 7, 8 – проектируемые работы: 7 – шурфы, 8 – скважины.

Цифры в кружках – номера примеров

Четвертая группа проявлений полезных ископаемых включает гнездообразные, древовидные, трубообразные тела.

Пример 1 (рис. 33 – 1). Гнездообразные тела киноварных руд, локализующиеся в наклонно залегающих горизонтах песчаников на участках пересечения их разрывным нарушением. Проектом поисково-оценочных работ на прогнозируемых слепых рудных залежах предусмотрено многоствольное бурение глубокой скважины. В зависимости от результатов опробования керна скважин подсчитывают запасы  $C_2$  или прогнозные ресурсы категории  $P_1$ .

Пример 2 (см. рис. 33 – 2). Трубообразные крутопадающие тела кимберлитов с прерывистым распределением алмазов изучают на поверхности шурфами по равномерной прямоугольной сети (20 x 20 м, 40 x 40 м или более). Опробование шлиховое крупнообъемное (проба массой не менее 100 кг).

Для подсчета запасов категории  $C_2$  в центре трубки бурят скважину на глубину карьера первой очереди (150 – 200 м). Морфология трубки и ее продуктивность на более глубоких горизонтах выясняются по данным бурения наклонных скважин (скважины могут быть многоствольными).

## ОЦЕНКА ПРОГНОЗНЫХ РЕСУРСОВ

## Общие положения

Запасы и ресурсы — количество полезных ископаемых в недрах: запасы — установленное количество по данным геологоразведочных работ; прогнозные ресурсы — предполагаемое количество полезного ископаемого на продолжении известных месторождений или в виде новых объектов, прогнозируемых на основании поисковых предпосылок и признаков (в том числе аномалий различного типа).

Основные особенности и отличия запасов и прогнозных ресурсов отражены в табл. 15.

Общие формулы определения прогнозных ресурсов, подобные формулам подсчета запасов, обязательно включают поправочные коэффициенты

$$Q_{п.и} = V \cdot d, \text{ где } V = S \cdot H \text{ или } V = l \cdot m \cdot H;$$

$$Q_{п.к} = Q_{п.и} \cdot \frac{C}{100} \cdot K_n \cdot K_p;$$

Таблица 15

## Сопоставление запасов и прогнозных ресурсов

Характеристика	Запасы	Прогнозные ресурсы
Назначение	Используются для развития отраслей народного хозяйства при составлении пятилетних планов	Используются для планирования геологоразведочных работ (съёмка, поиски, разведка)
Категории	A, B, C <sub>1</sub> , C <sub>2</sub>	P <sub>1</sub> , P <sub>2</sub> , P <sub>3</sub>
Кондиции	Разрабатываются для каждого отдельного месторождения	Принимаются по аналогии с известными объектами или используются районные браковочные кондиции
Оконтуривание	Блокировка запасов всех категорий показывается на графических документах	Контуров обычно не геометризуются на отчетных графических документах
Глубина подсчета и оценки	Определяется глубиной разведки и эксплуатации с учетом дальнейшего развития геологоразведочных работ	Определяется минимально возможной глубиной будущей эксплуатации
Утверждающая организация	ГКЗ СССР	Специальная комиссия Мингео СССР

$V$  – объем объекта ( $m^3$ );  $S$  – площадь горизонтального сечения объекта ( $m^2$ );  $H$  – глубина подсчета ( $m$ );  $l$  – длина объекта;  $m$  – мощность объекта ( $m$ );  $Q_{п.и}$  – прогнозные ресурсы полезного ископаемого ( $m$ );  $Q_{п.к}$  – прогнозные ресурсы полезного компонента ( $m$ );  $C$  – среднее содержание полезного компонента (%);  $K_H$  – коэффициент надежности прогноза (низкая – 0,3 – 0,5; высокая – 0,5 – 0,8; очень высокая – 0,8 – 1,0);  $K_p$  – коэффициент рудоносности (продуктивности).

Параметры прогнозируемых объектов (прогнозные ресурсы, средние содержания, глубина прогноза) различаются для месторождений одного и того же типа, но находящихся на разных стадиях их освоения или прогноза. Соотношение минимальных параметров прогнозируемых объектов приведено в табл. 16 для условного вида полезного ископаемого и условного промышленного типа месторождения.

Если на разведываемом месторождении прирост категории  $P_1$  в 50 тыс. т удовлетворяет развитию горного предприятия, то в пределах нового района прогнозируемое месторождение такого же типа должно иметь не менее 150 тыс. т полезного компонента для развития будущего предприятия. Соответственно изменяются требования и к другим параметрам прогнозируемого объекта (среднему содержанию полезного компонента, глубине прогноза).

Методика оценки прогнозных ресурсов разных категорий определяется стадией геологоразведочных работ и характером аномалий, создаваемых объектом прогноза. При этом учитываются типы объектов прогноза.

Точечные объекты характеризуются поисковыми признаками, сконцентрированными на площади, близкой к средним размерам место-

Таблица 16

Сопоставление нижних пределов параметров прогнозируемых объектов

Основные параметры	Категории прогнозных ресурсов					
	$P_1$		$P_2$		$P_3$	
	Эксплуатируемые месторождения	Разведываемые месторождения	Новые месторождения	В освоенных районах	В новых районах	В пределах территории
Прогнозные ресурсы, тыс. т	30	30	50	100	150	200
Среднее содержание, %	0,4	0,5	0,7	1,0	1,3	1,5
Глубина прогноза, м	1500	1000	700	500	300	200

рождения ожидаемого формационного, генетического или промышленного типа. Точечные объекты — проявления полезного ископаемого или высокоинтенсивные аномалии. Площадными объектами считаются те, у которых поисковые признаки рассеяны на территории, размер которой во много раз превышает среднюю площадь месторождения ожидаемого типа.

### Оценка прогнозных ресурсов отдельных категорий

**Задание 1 о/р.** Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_1$ .

Оценка ресурсов производится на разведываемых и эксплуатируемых объектах в соответствии с параметрами постоянных кондиций или временных кондиций, установленных для конкретного месторождения. На участках поисково-оценочных работ применяют порайонные оценочные кондиции. Прогнозные ресурсы категории  $P_1$  оценивают на основе экстраполяции на флангах или глубоких частях объекта за пределами блоков запасов категории  $C_2$ .

Исходные материалы: разрез жильного месторождения в плоскости рудного тела с категоризацией запасов  $A, B, C_1, C_2$  (или только  $C_2$ ).

Основные вопросы:

выделить блоки прогнозных ресурсов категории  $P_1$ , прилегающие к запасам  $C_2$ , учитывая геологические данные о продолжении рудного тела на глубину и на флангах;

определить основные параметры блоков категории  $P_1$ ;

произвести оценку прогнозных ресурсов  $P_1$ , введя соответствующие поправочные коэффициенты.

Примеры выполнения задания показаны на рис. 34.

**Задание 2 о/р.** Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_3$ .

Прогнозные ресурсы категории  $P_2$  учитывают возможность обнаружения новых месторождений на основе оценки проявлений полезных ископаемых, а также геохимических и геофизических аномалий, приро-

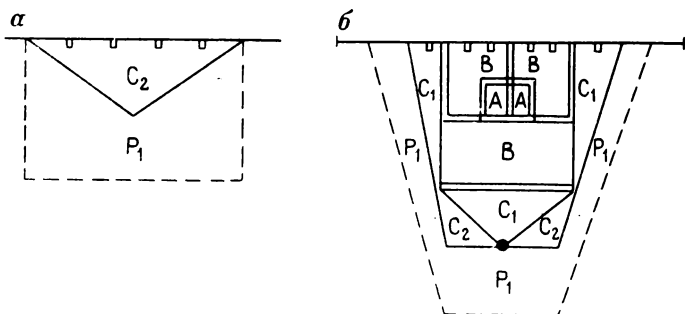
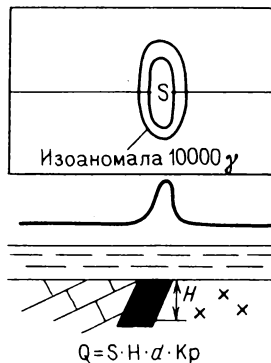


Рис. 34. Разрез рудной жилы (а — по данным поисково-оценочных работ) и жильного месторождения (б — с учетом данных по подземным горным выработкам и скважинам)

Рис. 35. Отчетливая магнитная аномалия, фиксирующая на плане и разрезе магнетитовые руды, погребенные под чехлом платформенных отложений значительной (100 – 150 м) мощности



да которых установлена единичными пересечениями. Оценка  $P_2$  выполняется по материалам стадии поисков, а иногда — стадии геологической съемки и общих поисков.

Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  учитывают лишь потенциальные возможности выявления промышленных месторождений на основе благоприятных предпосылок и признаков поискового прогнозирования. Оценка  $P_3$  осуществляется по материалам стадии геологической съемки и поисков или стадии региональных геологических работ. Параметры оценки  $P_2$  и  $P_3$  принимаются по районным оценочным кондициям.

Большое значение для оценки прогнозных ресурсов  $P_2$  и  $P_3$  имеет группировка месторождений твердых полезных ископаемых по характеру создаваемых первичных геофизических, геохимических и минералогических аномалий.

Рассмотрим примеры решений заданий по оценке  $P_2$  и  $P_3$  для пяти групп месторождений.

Пример 1. Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  ( $P_3$ ) для объектов, создающих отчетливые простые геофизические аномалии.

Исходные материалы: карта аэромагнитных аномалий на геологической основе (рис. 35).

Основные вопросы:

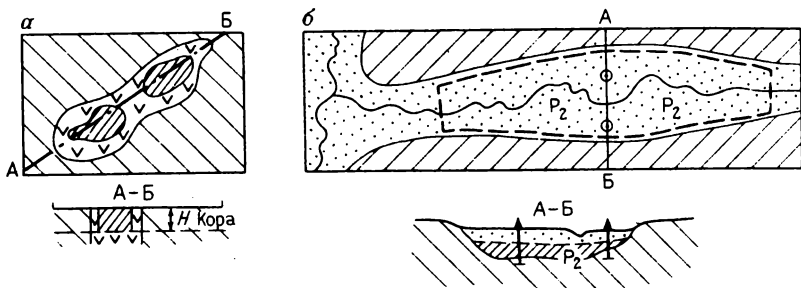
определить площадь магнитной аномалии в контурах изодинамы, отвечающей промышленным магнетитовым рудам (по сопоставлению с известными аналогами);

принять глубину оценки прогнозных ресурсов и коэффициентов рудоносности и надежности на основании геологических, горно-технических и экономических данных;

вычислить величины прогнозных ресурсов по формуле

$$Q = S \cdot H \cdot d \cdot K_p \cdot K_n.$$

Пример 2. Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  ( $P_3$ ) для объектов, создающих отчетливые простые геохимические или минералогические аномалии.



**Рис. 36.** Планы и разрезы объектов, создающих отчетливые литохимические и минералогические аномалии:

*а* – проявления никеля в коре выветривания гипербазитов; *б* – погребенная золотоносная россыпь, приуроченная к приплотиковому горизонту аллювиальных отложений долины

Исходные материалы: карты литохимических и минералогических аномалий на геологической основе;

данные о фоновых и средних содержаниях полезного компонента (элемента, минерала)

Основные вопросы:

оконтурить площадь распространения прогнозируемого оруденения по литохимическим аномалиям, первичным, вторичным ореолам или по минералогическим аномалиям и оценить прогнозные ресурсы на глубину для различных объектов.

Примеры решения даны для аллювиальной россыпи по минералогической аномалии, вскрытой первыми скважинами в приплотиковом горизонте (рис. 36).

Пример 3. Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_3$  для объектов, создающих отчетливые сложные геофизические аномалии.

Подобные аномалии могут свидетельствовать о контурах объекта и далеко не всегда – о характере полезного ископаемого объекта. Подтвердить ожидаемый тип объекта необходимо хотя бы одним пересечением скважиной или горной выработкой.

Например, бокситы ближнекарстового типа на поверхности закрытого района проявляются сложной комплексной аномалией  $\Delta z$  и  $\rho_k$ , которая дает основание к прогнозу контуров площади объекта (рис. 37, *а*). Наличие бокситов на глубине должно быть подтверждено скважиной (см. рис. 37, *б*). После этого могут быть оценены прогнозные ресурсы категории  $P_2$  по формуле  $Q_{пр} = S \cdot H \cdot d \cdot K_n$ . Для всего района развития погребенного карста, с которым предполагается связь залежей бокситов, оцениваются прогнозные ресурсы категории  $P_3$ .

**Задание 3 о/р.** Оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_3$  для объектов, создающих сложные комплексные геофизические, геохимические и минералогические аномалии.

Объекты, выходящие на поверхность, отчетливо проявляются геохимическими и минералогическими аномалиями, которые используются

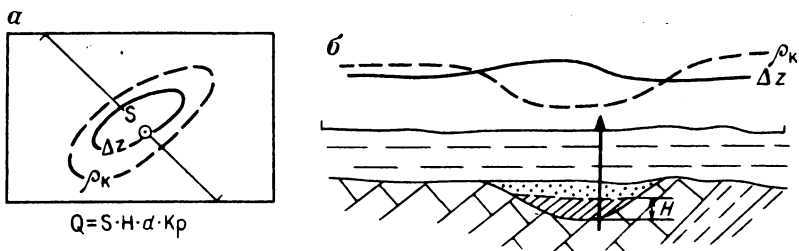


Рис. 37. Прогнозируемая залежь бокситов, погребенная под осадочными отложениями платформенного чехла:

*a* – план поверхности с геофизическими аномалиями; *б* – разрез (предполагается развитие бокситов в пределах карстовой депрессии в карбонатных породах)

для оценки прогнозных ресурсов. Скрытые объекты этой группы оцениваются по всему комплексу аномалий, в том числе геофизических. При этом учитывается прогнозируемый морфологический тип объекта (штокверки, жильные тела и зоны).

Исходные материалы: карта литохимических и минералогических аномалий на геологической основе.

**Основные вопросы:**

определить продуктивность литохимической аномалии по формуле  $M = \Delta x l (\sum C_x - n C_\phi)$ , где  $\Delta x$  – шаг опробования;  $l$  – расстояние между профилями;  $\sum C_x$  – сумма содержаний полезного компонента в пределах аномалии;  $C_\phi$  – фоновое содержание,  $n$  – количество проб;

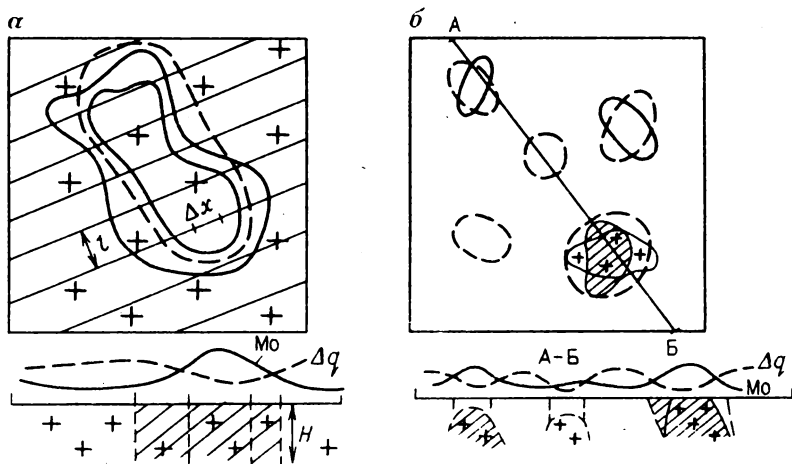


Рис. 38. Планы и разрезы объектов, создающих комплексные сложные аномалии:

*a* – литохимическая (молибден) и гравиметрическая аномалии; *б* – геофизические и геохимические аномалии района развития рудоносных гранитных интрузивов, залегающих в осадочных терригенных породах.

Заштрихованный контур – промышленный штокверк молибденовых руд

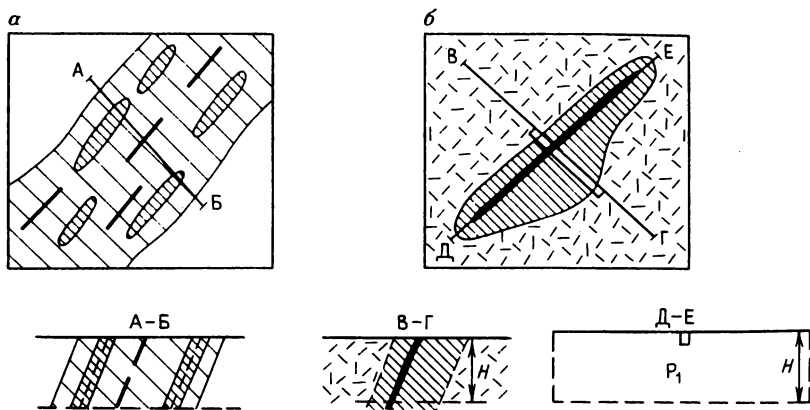


Рис. 39. Планы и разрезы объектов жильного типа:

*a* – перспективная зона (редкая штриховка) развития рудных жил (черное) и комплексных аномалий (частая штриховка), приуроченных к вулканогенно-осадочным породам; *б* – рудная жила (черное) с ореолом измененных пород (заштрихованный контур), фиксируемых комплексными аномалиями

- оценить прогнозные ресурсы категории  $P_2$  вначале для слоя 1 м, а затем на глубину  $H$  (200 м);  $q = M \cdot 1 \cdot 2,5$ :

$$Q = q \cdot H \cdot K_p \cdot K_n.$$

Пример решения дается для прогнозируемого штокверкового месторождения молибдена (рис. 38, *a*).

Для решения второго варианта задания используем карту комплексных литохимических (Mo) и гравиметрических аномалий на геологической основе для района, где известно промышленное месторождение молибденовых руд.

Оценку прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_3$  проводят на основе сопоставления комплексных аномалий с эталонным месторождением, для которого оконтурены сложные комплексные аномалии (см. рис. 38, *б*).

Исходные материалы для решения третьего варианта задания (жильные тела); геологическая карта, на которой показаны кварцевые жилы (Au), а также аномалии – геофизические и геохимические, предположительно фиксирующие скрытые рудные жилы (рис. 39, *a*). Аномалии могут иметь более значительные размеры, чем рудные тела. Поэтому для оценки прогнозных ресурсов контуры предполагаемых рудных тел ограничиваются в соответствии с аналогичными известными объектами (см. рис. 39, *б*).

Оценка прогнозных ресурсов для рудной жилы, выходящей на поверхность, выполняется по формуле  $q = S_{ж} \cdot H \cdot C \cdot d \cdot K_p$ , где  $S_{ж}$  – площадь выхода жилы на поверхность;  $H$  – глубина оценки;  $C$  – сре-

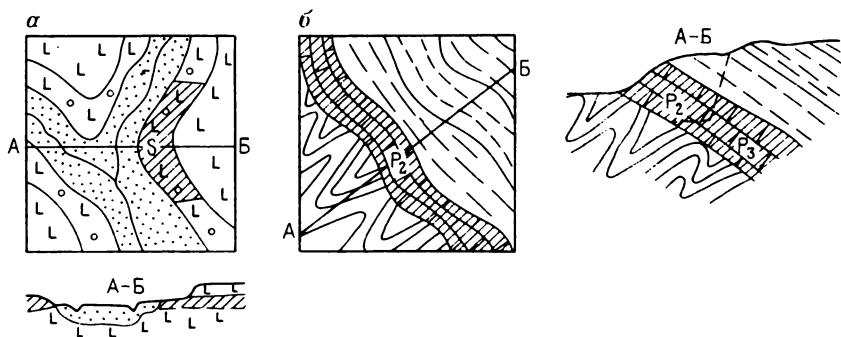


Рис. 40. Планы и разрезы объектов, на которых проводят оценку прогнозных ресурсов:

*a* – район развития месторождений и проявлений исландского шпата, приуроченных к горизонту шаровых лав; *б* – площадь развития доломитовой толщи (оценка производится в пределах глубины будущего карьера)

днее содержание полезного компонента; *d* – объемная масса руды;  $K_p$  – коэффициент рудоносности.

Прогнозные ресурсы  $P_3$  для всей перспективной зоны развития жильного оруденения оцениваются по формуле  $Q_{пр} = \frac{q}{S_{ж}} \cdot K_n \cdot K_p$ ,

где  $K_n = \frac{\sum S_{ж}}{S_p}$ ,  $S_p$  – площадь перспективной зоны.

Пример выполнения задания: оценка прогнозных ресурсов категории  $P_2$  и  $P_3$  для объектов, создающих неотчетливые геофизические и минералого-геохимические аномалии, и объектов, вообще не создающих аномалий.

Оценку прогнозных ресурсов в подобных объектах осуществляют в основном по геологическим данным.

Например, оценку ресурсов проявления исландского шпата, приуроченных к горизонтам шаровых лав, ведут на основе учета известной их продуктивности (*M*) на единицу площади или объема эталонного объекта:  $Q_{пр} = M \cdot S_p \cdot K_p$ , где  $S_p$  – перспективная площадь (рис. 40, *a*).

В группу объектов, не создающих отчетливых геофизических и минералого-геохимических аномалий, включают экзогенные полезные ископаемые, имеющие региональное распространение и выделяющиеся на поверхности в естественных обнажениях.

Строительные материалы (песчаники, глины, известняки, доломиты, мергели). Прогнозные ресурсы категории  $P_3$  оценивают по всей продуктивной толще, прогнозные ресурсы категории  $P_2$  – для участка будущей эксплуатации. Глубина оценки учитывает возможную глубину отработки карьером (см. рис. 40, *б*) и будущую производительность предприятия со сроком его работы не менее 30 лет. Выбор площади первоочередной оценки прогнозных ресурсов по категории  $P_2$  производят с учетом транспортных путей.

Угли бурые (каменные), выявленные при региональной геологической съемке масштаба 1 : 200 000. Оценка прогнозных ресурсов по категории  $P_3$  ведется для всей геологической структуры, которая определяет локализацию углей. Для оценки применяют простую формулу:  $Q = S \cdot m_{\text{ср}} \cdot d \cdot K_n$ .

В условиях разобщенности продуктивной толщи речными долинами оценка прогнозных ресурсов осуществляется суммированием площадей продуктивных блоков.

## РАЗДЕЛ II

### РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ

---

#### Глава 5

#### ТРЕБОВАНИЯ К ИЗУЧЕННОСТИ МИНЕРАЛЬНОГО СЫРЬЯ

##### Общие положения

Изученность минерального сырья зависит от полноты исследования ряда факторов, которые определяют промышленную ценность месторождения. Важнейшие факторы — количество и качество сырья, технологические свойства, горно-геологические условия эксплуатации и географо-экономическое положение района работ.

Количество минерального сырья определяется его массой или объемом (нерудные полезные ископаемые). Масса полезного ископаемого, определенная по данным разведочных работ и отвечающая требованиям промышленности, называется запасом. В зависимости от вида минерального сырья и масштабов месторождения запасы могут изменяться от миллиардов тонн до килограммов. По масштабам выделяют уникальные, крупные, средние и мелкие месторождения (табл. 17).

Уникальных месторождений единицы. Крупных месторождений — десятки, они служат сырьевой базой ведущих горно-обогатительных предприятий. Средние месторождения встречаются десятками и сотнями и обеспечивают сырьевую базу рядовых предприятий. Мелкие месторождения не имеют самостоятельного значения и обрабатываются только совместно. Число мелких месторождений превышает сотни единиц.

Качество минерального сырья обычно характеризуется содержанием полезных компонентов и вредных примесей (в % от массы и в расчете на руду в воздушно-сухом состоянии). Качество руд определяется содержанием металлов (Fe, Mo, Cu, Co и др.) или оксидов ( $WO_3$ ,  $V_2O_5$ ,  $Li_2O$ ,

Группировка месторождений некоторых полезных ископаемых по запасам руд (по В.И. Красникову, с изменениями и дополнениями)

Полезное ископаемое	Месторождения, т			
	уникальные (более)	крупные	средние	мелкие (менее)
Железо	$10^9$	$10^8$	$10^7$	$10^7$
Апатиты	$10^8$	$10^8$	$10^7$	$10^7$
Марганец	$10^8$	$10^8$	$10^7$	$10^7$
Алюминий	$10^8$	$10^8$	$10^7$	$10^7$
Хром	$10^7$	$10^7$	$10^6$	$10^6$
Титан	$10^7$	$10^7$	$10^6$	$10^6$
Медь	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Свинец	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Литий	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Редкие земли	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Ниобий	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Бор	$10^6$	$10^6$	$10^5$	$10^5$
Молибден	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Сурьма	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Бериллий	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Тантал	$10^5$	$10^5$	$10^4$	$10^4$
Олово	$10^4$	$10^4$	$10^3$	$10^3$
Ртуть	$10^4$	$10^4$	$10^3$	$10^3$
Золото, платина	$10^2$	$10^2$	10	10
Исландский шпат	10	1	$10^{-1}$	$10^{-1}$
Алмазы	$10^{-1}$	$10^{-1}$	$10^{-2}$	$10^{-2}$

ВеО и др.). Качество рудоносных песков в россыпных месторождениях выражается в массовых единицах на  $1 \text{ м}^3$  песков. По содержанию полезных компонентов с учетом требований промышленности выделяют богатые, бедные и рядовые руды (табл. 18). Качество минерального сырья значительно повышается, когда в нем присутствуют помимо основного компонента попутные или сопутствующие (см. табл. 18).

Качество сырья в месторождениях минералов определяется как содержанием минералов, так и совокупностью показателей, характеризующих их специфические свойства. Среди этих свойств например, для графита выделяют: пигментные свойства, огнеупорность, электротехнические свойства, теплопроводность, кислотостойкость, зольность, дисперсный состав, влажность.

Для месторождений горных пород (строительные материалы и керамическое сырье) качество сырья определяется в основном их техническими свойствами. В частности, у глин выделяются: пластичность, усадка, пористость, огнеупорность, спекаемость, гигроскопичность, способность к набуханию, адсорбционные свойства, связующая способность зыбкость

Группировка некоторых полезных ископаемых по качеству руд (по В.И. Красникову, с изменениями и дополнениями)

Полезное ископаемое	Компоненты		Содержание (%) ведущего полезного компонента в рудах			
	основные попутные и сопутствующие	главные вредные	богатых	рядовых	бедных	
Железо	Ti, Cu, Co, Au, Be, апатит	S, P, SiO <sub>2</sub>	> 50	50 - 30	30 - 22	
Флюорит	-	S, P, SiO <sub>2</sub> , CaCO <sub>3</sub>	> 50	50 - 35	35 - 14	
Хромит	Pt, Os, Ir	P, S, CaO	> 45	45 - 30	30 - 10	
Алюминий	Ga	S, P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , CaO, Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	> 40	40 - 30	30 - 25	
Фосфориты	U, V	MgO, Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , CO <sub>2</sub>	> 25	25 - 16	16 - 8	
Сурьма	Hg, Au, флюорит	As, CaCO <sub>3</sub>	10л	л	0,1л	
Свинец, цинк	Cu, Au, Ag, Ge, Tl, Se, Te, Cd, In, Ga и др.	Sb, As, Sn, P	> 6	6 - 1	1 - 0,5	
Олово	W, Cu, Zn, Ta, Bi, Li, Be.	As, S	> 0,9	0,9 - 0,5	0,5 - 0,1	
Медь	Pb, Zn, Co, Mo, W, Au, Re, Te, Se, In	Bi, Zn, Sb, As	> 2	2 - 1	1 - 0,5	
Молибден	Cu, W, Au, Ag, Pb, Zn, Re, Bi, Te, Se, In	As, Sn, Sb, SiO <sub>2</sub>	л	0,1л	0,1л	
Ртуть	Sb, флюорит	As, Sb, сульфиды, органическое в-во	> 0,5	0,5 - 0,3	0,3 - 0,1	
Кобальт	Cu, Au, Ag, Ni, Bi, U	P, S, As, SiO <sub>2</sub> , CaO, MgO	> 1	1 - 0,5	0,5 - 0,3	
Уран	Mo, V, Au, Se, Cu, редкие земли	SiO <sub>2</sub> , CaCO <sub>3</sub>	> 0,5	0,5 - 0,1	0,1 - 0,01л	
Золото	Ag, Cu, Pb, Zn, Te, Se	As, Sb, углистое в-во	> 15 г/т	15 - 5 г/т	л г/т	

## Влияние свойств руд на обогатимость

Признак	Свойства руд	
	благоприятные	неблагоприятные
	Определяются визуально	
Текстуры руд	Массивные с тесным сростанием	Полосчатые, прожилковые, брекчиевые с резкими границами
Состав руд	Большое разнообразие минералов, отличающихся по свойствам	Монометаллические руды
Вторичные изменения	Изменения рудных минералов с образованием налетов и сажистых образований Изменения вмещающих пород с образованием трещиноватости, лимонитизации, серицитизации и других вторичных изменений	—
	Определяются под микроскопом	
Структуры руд	Тонкозернистые, эмульсионные, взаимного прорастания и др.	Средне- и крупнозернистые
Характер выделений и связи между минералами	Зерна неправильной формы, тесное сростание минералов	Зерна изометричной формы
Минеральный состав	Сложный полиминеральный состав, разнообразие физических свойств. Распространены вторичные труднообогатимые минералы. Развиты чешуйчатые и слюдяные минералы, гидроксиды железа (в нерудной части)	—
Размер рудных минералов	Преобладают мелкие (менее 0,01 мм) зерна	Крупные зерна, не требующие тонкого измельчения
Содержание рудных минералов	—	Богатые и средние по качеству руды
Примеси	Вредные примеси развиты в виде твердых растворов, дисперсных включений и др.	—

и гидрофильность, вспучиваемость и окраска. Требования к качеству горных пород определяют государственные стандарты или технические условия.

Технологические свойства минерального сырья определяются совокупностью показателей: качество сырья, его минеральный состав, текстурно-структурные особенности и физико-механические свойства руды (табл. 19).

Минеральный состав определяет эффективность извлечения полезных компонентов. Затрудняют обогащение наличие трудноразделяемых и плохофлотируемых минералов, наличие минералов с непостоянными физическими свойствами, развитие слюдистых и окисленных минералов. Текстурно-структурные особенности в основном влияют на степень измельчения руд. Труднообогатимы руды с массивной текстурой и тесным срастанием минералов (типа колчеданных руд), наличием эмульсионных, графических и колломорфных структур. Важный фактор – размер выделений. Физико-механические свойства руды определяют эффективность измельчения и степень раскрытия зерен минералов. При опробовании эти свойства сильно влияют на избирательное выкрашивание и истирание. Выделяют следующие физико-механические свойства: временное сопротивление сжатию, абразивность, дробимость, кусковатость, измельчаемость, трещиноватость, шламистость, влажность, объемную массу и др.

Горно-геологические условия во многом определяют не только целесообразность разработки месторождений, но и методику разведочных работ. Среди горно-геологических факторов выделяют количество запасов, глубину залегания объекта, рельеф поверхности, линейные размеры месторождения, мощность перекрывающих пустых пород, морфологические особенности рудных образований, условия залегания и физико-механические свойства руды и вмещающих пород. Осложняющими факторами являются: развитие карстовых процессов, газоносность, неблагоприятные гидрогеологические условия, склонность полезного ископаемого к самовозгоранию и т.п.

Географические и экономические условия определяет совокупность ряда факторов: рельеф, климат, растительность, проходимость, животный мир, гидросеть, населенные пункты и ведущие отрасли народного хозяйства, источники электроэнергии, обеспеченность строительными материалами, пути сообщения, народнохозяйственная потребность в данном виде минерального сырья. Все эти условия влияют на различные поправочные коэффициенты, учитываемые при расчете сметной стоимости проектируемых геологоразведочных работ.

Перечисленные выше факторы определяют общую изученность минерального сырья и промышленную ценность месторождения. В каждом конкретном случае необходим комплексный анализ всех факторов и выделение главных факторов. Данные для конкретных объектов служат основой для суждения о целесообразности проектирования дальнейших разведочных или эксплуатационных работ.

Темы заданий общие. Задания отличаются только по конкретному применению к определенному виду минерального сырья. В качестве основных тем рассматриваются: черные, цветные, редкие и благородные металлы, а также различные виды нерудных полезных ископаемых.

**Задание.** Требования к изученности различных видов минерального сырья.

Исходные данные: инструктивные материалы по видам сырья;

справочные и энциклопедические издания, учебная, специальная и фонд-  
вая литература.

Лабораторная база: информационный и стендовый материал кабинета "Методика поисков и разведки", лабораторий минералогических и геохимических методов поисков; документация и данные опробования месторождений полезных ископаемых.

Основные вопросы: разделы реферата, который пишется для конкретного вида сырья по следующему плану.

1. Общие сведения, в том числе физико-химические свойства, основные области применения и главные минералы.

2. Промышленные типы месторождений с характеристикой морфологии рудных образований, минерального состава руд, изменений вмещающих пород и с примерами месторождений. Текст дополняется таблицей.

3. Группировка месторождений по количеству запасов. Приводятся сведения о запасах и численных соотношениях месторождений разного масштаба. Даются конкретные примеры.

4. Характеристика минерального сырья по качеству руд. В разделе учитываются содержания полезных компонентов в богатых, бедных и убогих рудах, данные по попутным и вредным компонентам, типы и сорта руд.

5. Технологические свойства руд. Особое внимание следует обратить на особенности минерального состава, текстурно-структурные характеристики и физико-механические свойства, влияющие на эффективность переработки сырья.

6. Горно-геологические условия характеризуются для одного (наиболее распространенного) способа вскрытия — шахтного, карьерного или скважинного. В разделе систематизируются благоприятные и неблагоприятные факторы описываемого способа вскрытия.

7. Географо-экономическое положение раскрывается на примере одного из основных районов добычи анализируемого вида минерального сырья. Раздел дополняется сведениями о минерально-сырьевой базе и перспективах развития данной отрасли горнодобывающей промышленности.

Отчетные документы: текст реферата по теме объемом 15 — 20 страниц с необходимыми сводными таблицами и графиками.

Примеры выполнения заданий. Характеристика общих сведений и промышленных типов при выполнении заданий затруднений обычно не вызывает и поэтому здесь не рассматривается.

1. Группировка месторождений по количеству запасов. Для месторождений железа по запасам уникальными являются Михайловское (запасы около 4 млрд. т) и Яковлевское (2,6 млрд. т); крупными — Ковдорское (700 млн. т) и Коршуновское (более 400 млн. т); средними — Абаканское (60 млн. т) и Тейское (140 млн. т); к мелким относятся месторождения Алапаевской группы (40 млн. т). По статистическим данным, обобщенным Б.Г. Башкировым, соотношение числа крупных, средних и мелких месторождений в пределах рудных райо-

нов составляет 1 : 7 : 28, в пределах сурьмяных рудных районов — 1 : 7 : 250 и для меднопорфировых рудных районов — 1 : 14 : 23.

Для абсолютного большинства месторождений полезных ископаемых между их числом и количеством сосредоточенных в них запасов наблюдается обратная зависимость. В уникальных месторождениях олова, составляющих около 5 % их общего количества, сосредоточено более 40 % запасов, а в 20 месторождениях молибдена заключено более 80 % разведанных мировых запасов молибдена.

2. Характеристика минерального сырья по качеству руд. Требования к качеству минерального сырья всех видов сформулированы в соответствующих инструкциях по применению классификации запасов. Богатые руды хорошо перерабатываются и требуют меньших затрат на обогащение. В частности, богатые никелевые руды с содержанием никеля более 1 % при отношении никеля к меди не менее 1 и с пониженным содержанием железа направляются непосредственно в плавку. При повышенном содержании железа и серы богатые руды норильского типа перед плавкой требуют флотации с выводом пирротина в отдельный продукт. Рядовые и бедные руды с содержанием никеля менее 1 % подвергаются обогащению.

Попутные компоненты придают дополнительную ценность сырью и в месторождениях железных руд представлены титаном, медью, кобальтом, золотом, платиной, апатитом, редкими металлами, которые извлекаются в самостоятельные концентраты. Сопутствующие элементы (никель, кобальт, марганец) являются легирующими и способствуют улучшению качества стали.

Вредные компоненты ухудшают качество сырья. Для золотосодержащих руд вредными компонентами являются некоторые минералы меди, сурьмы, железа, мышьяка, которые резко снижают скорость растворения золота и увеличивают расход цианида (разновидности углеродистого вещества, имеющие повышенную сорбционную активность), слюдисто-глинистые шламообразующие минералы, а также минералы мышьяка, затрудняющие пиromеталлургическую переработку и вызывающие необходимость проведения специальных мероприятий по охране окружающей среды.

Весьма специфическими свойствами определяется качество сырья для месторождений минералов. Качество слюды мусковита определяется содержанием забойного сырца, выходом промышленного сырца и содержанием мелкокоразмерной слюды. Содержание забойного сырца и мелкокоразмерной слюды выражается в килограммах на кубический метр. Кроме этих показателей качество мусковита определяется размером пластин, их толщиной, характером поверхности и электротехническими свойствами. В частности, по ГОСТ 3028—78 слюда шипаная должна иметь пятнистость не более 10 % площади для I сорта, до 25 % для III сорта. Поверхность может быть слабоволнистой. Среднее пробивное напряжение в зависимости от толщины пластины должно быть не менее 1,6 — 4,0 кВ.

Для огнеупорных глин качество определяется техническими условиями, в которых обычно устанавливаются: пределы содержания, требуемая огнеупорность, допустимое содержание  $Al_2O_3$ , потери при прокаливании, содержание  $Fe_2O_3$  и  $SO_3$ .

3. Технологические свойства руд. Этот фактор зависит от качества руды, минерального состава, текстурно-структурных особенностей и физико-механических свойств. Влияние минерального состава сказывается в распространении таких трудно разделяемых минералов, как пирит, марказит и арсенопирит. Ухудшают технологические параметры плохо флотируемые минералы хризоколла и фосфаты меди, минералы с непостоянными физическими свойствами (например, пирротин), наличие хлорита и серицита, а также минералов, затронутых процессами окисления.

Технологические свойства зависят от размеров минералов. В частности, по крупности зерен касситерита выделяют средне- и крупновкрапленные руды с размером зерен 1 – 2 мм и более, мелко- и тонковкрапленные с размером зерен от 0,1 до 1 мм и тонковкрапленные с размером зерен менее 0,1 мм. Средне- и крупновкрапленные руды обычно легко обогащаются гравитационным методом. Мелкие и тонковкрапленные руды приходится предварительно измельчать до 0,5 – 0,1 мм, а при большом количестве сульфидов и использовании флотации – до 0,07 мм. Минимальные размеры зерен касситерита, при которых возможно гравитационное обогащение, составляют 0,04 – 0,06 мм. Зерна меньшего размера гравитационным методом практически не обогащаются.

Физико-механические свойства руды во многом определяют ее гранулярный состав. В зависимости от вида полезного ископаемого и используемого процесса переработки требования к гранулярному составу различны. Богатые железные руды, предназначенные для доменного производства, должны иметь 70 – 75 % крупнокускового класса с размером кусков от 10 до 100 мм. Руды для мартеновского передела должны иметь не менее 70 % класса с размером кусков от 10 до 250 мм. При значительном содержании (80 – 92 %) кусков мелкого класса размером до 10 мм железные руды требуют предварительного окускования.

В качестве примера месторождения, имеющего легкообогатимые руды, можно привести Згидское полиметаллическое месторождение. Рудные тела месторождения имеют жильную форму и характеризуются вкрапленными, полосчатыми, пятнистыми текстурами. Главные рудные минералы – галенит, халькопирит, сфалерит, основная масса которых сложена крупно- и среднезернистыми агрегатами. Руды Бурибаевского медноколчеданного месторождения относятся к труднообогатимым. Они представлены тонкозернистыми минералами пирита, халькопирита, сфалерита, кварца, серицита и каолинита. Текстура руд в основном массивная, структуры характеризуются тесным срастанием минералов. Отмечается наличие первичных и вторичных шламов, высокое содержание сульфатной меди.

4. Горно-геологические условия. В сложных горно-геологических условиях наиболее эффективным способом добычи многих полезных ископаемых является скважинный, геотехнологический. Этот способ используют при гидродобыче рыхлых, слабосцементированных полезных ископаемых (глубина до 100 м), подземной газификации угля (до 250 м), подземной выплавке серы (до 300 м), подземном выщелачивании металлов (до 500 м) и подземном растворении солей (до 1200 м).

Для подземного выщелачивания урана благоприятны следующие условия (по М.В. Шумилину): приуроченность оруденения к обводненным породам; однородный состав рудовмещающего горизонта, наличие водоупоров; преобладание легкорастворяемых в кислотах и щелочах минералов; высокий коэффициент фильтрации; низкая проницаемость пустых пород; высокая продуктивность залежей; напорный характер подземных вод; повышенная температура в интервале залегания руд; невысокая минерализация подземных вод; пологое залегание рудоносного горизонта; одноярусное строение залежей; равнинный рельеф. В этих условиях как разведка, так и отработка осуществляется исключительно с помощью бурения. Данный способ, несмотря на сложные горно-геологические условия, позволяет проводить работы с минимальными затратами труда, времени и средств.

5. Географо-экономическое положение. Месторождения полезных ископаемых могут находиться в весьма различных географо-экономических условиях. Учет разнообразия этих условий при проектировании геологоразведочных работ производится с помощью специальных поправочных коэффициентов: к заработной плате районного коэффициента — от 1,0 (Московская область) до 2,0 (район Крайнего Севера); коэффициента за высокогорность — от 1,0 (при высоте до 1500 м) до 1,4 (при высоте более 3000 км); коэффициента за пустынную и безводность — от 1,0 (для нормальных условий) до 1,4 (в крайне безводных районах). Существуют и другие коэффициенты, влияющие на сметную стоимость проектируемых работ.

Характеристику географо-экономического положения целесообразно дополнять современным состоянием минерально-сырьевой базы и перспективами ее развития. В качестве примера приведем некоторые сведения по калийной промышленности (по данным Горной энциклопедии).

Общие мировые запасы калийных солей оцениваются в 100 млрд. т  $K_2O$ , из них на долю СССР приходится около 25 млрд. т, остальные — на территории Канады, ФРГ, США, Иордании и Таиланда. По добыче калийных солей СССР занимает первое место в мире. В промышленно развитых капиталистических и развивающихся странах действует 46 калийных предприятий общей мощностью около 14 млн. т. Основные мощности сконцентрированы в США, Канаде и странах Западной Европы. Добыча калийных солей в развивающихся странах невелика. Главными потребителями калийных удобрений, получаемых из калийных солей, являются страны Северной Америки, Европы, Австралия и Япония. Для калий-

ной промышленности характерно неравномерное распределение ресурсов, что приводит к значительному импорту этого сырья в некоторые страны. Среди импортеров выделяются США, страны Западной Европы и Япония. Анализ динамики добычи калийных солей и производства из них калийных удобрений свидетельствует о постоянно увеличивающихся темпах роста, что говорит о больших перспективах этой отрасли горнодобывающей промышленности.

## Глава 6

### ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ

#### Общие положения

Геологическое задание — основа проектирования геологоразведочных работ — составляется по специальной форме (табл. 20), в которой указывается подчиненность организации соответствующему министерству, объединению, экспедиции (форма I). В геологическом задании также отмечаются наименование и месторождение объекта, вид полезного ископаемого и раздел плана. В пределах раздела плана по поисковым и разведочным работам выделяют: черные металлы, цветные и редкие металлы; благородные металлы и алмазы; уголь, горючие сланцы и торф, нефть и природный газ; неметаллические полезные ископаемые.

Геологическое задание обычно выдается на предварительную разведку, детальную разведку всего месторождения или его наиболее перспективной части, а также на доразведку. Кроме собственно разведочных работ на еще не вовлеченных в эксплуатацию месторождениях могут проектироваться следующие виды работ (отдельные геологические задания): изучение подземных вод как источника водоснабжения будущего горнодобывающего предприятия с оценкой эксплуатационных запасов; выявление месторождений местных строительных и кладочных материалов. Эти работы производят за счет средств, выделяемых соответственно по планам на гидрогеологические работы и изучение неметаллических полезных ископаемых.

Темы заданий определяют при составлении геологических заданий по проектам предварительной и детальной разведки месторождений основных морфологических типов (пластовых, жильных, изометричных и трубообразных зон и залежей).

Содержание заданий во всех случаях одинаково и приводится ниже в обобщенном виде.

**Задание.** Составление геологического задания по проекту разведочных работ.

Исходные данные: планы и разрезы с кратким геологическим описанием месторождения; характеристика ранее проведенных работ; технологические свойства сырья, гидрогеологические и горнотехнические условия месторождения.

Форма геологического задания

Министерство \_\_\_\_\_

УТВЕРЖДАЮ:

Объединение, управление, трест \_\_\_\_\_

(руководитель организации)

Экспедиция \_\_\_\_\_

" \_\_\_\_ " \_\_\_\_\_ 19 \_\_\_\_ г.

Партия \_\_\_\_\_

Раздел плана \_\_\_\_\_

Полезное ископаемое \_\_\_\_\_

Наименование объекта \_\_\_\_\_

Местонахождение объекта \_\_\_\_\_

## Геологическое задание

на \_\_\_\_\_

(наименование работ, на которые выдано задание)

Основные выдачи геологического задания \_\_\_\_\_

(наименование и дата документа)

1. Целевое назначение работ: пространственные границы объекта: основные оценочные параметры \_\_\_\_\_

2. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения: \_\_\_\_\_

3. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ (с указанием форм отчетной документации) \_\_\_\_\_

Главный геолог: \_\_\_\_\_

Лабораторная база: графический и стендовый материал кабинета кафедры "Методика поисков и разведки месторождений полезных ископаемых", объемные и плоскостные модели месторождений.

Основные вопросы:

1. Определить стадию проектируемых работ с учетом масштабов и видов ранее проведенных исследований.

2. Сформулировать для выбранной стадии целевое назначение работ, выделить пространственные границы объекта разведки и привести основные оценочные параметры.

3. В соответствии с целью работ, особенностями строения месторождения перечислить основные геологические задачи и методы их решения с учетом их рациональной последовательности проведения во времени и пространстве.

4. Привести ожидаемые результаты проектируемых работ. Сроки для их проведения установить директивно.

Отчетные документы: геологическое задание, пояснительная записка с обоснованием принятых решений объемом 3 – 5 страниц.

**Задание 1 р:** Геологическое задание на проведение проекта предварительной разведки флюоритового жильного месторождения.

Министерство геологии РСФСР

Объединение, управление, трест

Дальгеология

Экспедиция Московская

Раздел плана *поисковые и разведочные работы*

*(неметаллические полезные ископаемые)*

Полезное ископаемое *плавиковый шпат*

Наименование объекта *месторождение Забытое*

Местонахождение объекта *Северная область*

*РСФСР, 200 км к югу от г. Северного*

УТВЕРЖДАЮ:

\_\_\_\_\_  
(руководитель организации)

Геологическое задание на проведение предварительной разведки месторождения Забытое.

Основание выдачи геологического задания – пообъектный план Дальгеологии на 1987 г., утвержденный Мингео РСФСР.

I. Целевое назначение работ, пространственные границы объекта, основные оценочные параметры.

Провести предварительную разведку месторождения в пределах Южной продуктивной зоны между Меридиональным и Лесным разломами с целью получения необходимых данных для оценки промышленной значимости месторождения в целом и исходных материалов для

обоснования постановки детальных разведочных работ. Обеспечить выявление запасов по категориям  $C_1$  и  $C_2$  в количестве, установленном планом.

II. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения.

1. Изучить особенности пространственного размещения на поверхности разрывных нарушений, зон измененных пород и ореолов рассеяния путем проходки канав, картировочных скважин и шурфов.

2. Выяснить особенности строения, условия локализации и размеры Южной продуктивной зоны на глубине путем проходки двух шурфов глубиной 30 м с рассечками и бурения поверхностных скважин с подсчетом запасов по категории  $C_2$ .

3. Оценить в общих чертах морфологию продуктивных залежей, их размеры, характер распределения полезного компонента, связь оруденения со структурными факторами проходкой в наиболее перспективной части месторождения на горизонте 150 м штольни и бурением подземных скважин с подсчетом запасов по категории  $C_1$ .

4. Изучить глубинное строение продуктивной зоны, установить наличие благоприятных условий для продолжения оруденения на глубину, проследить главные рудовмещающие структуры путем бурения двух структурных скважин глубиной 1000 м с оценкой прогнозных ресурсов по категории  $P_1$ .

5. Исследовать гидрогеологические и горнотехнические условия разведваемого месторождения по данным изучения в горных выработках и скважинах, а также оценить условия водоснабжения и обеспеченность местными строительными материалами будущего предприятия.

6. Провести технологическое исследование руд путем отбора 8 малых технологических проб (массой до 200 кг) и испытать их в полупромышленных условиях к IV кварталу 1989 г.

7. Провести работы и подготовить материалы, необходимые для обоснования ТЭДа, включая временные кондиции. Утвердить их в Минчермете СССР к I кварталу 1990 г.

8. Составить отчет о предварительной разведке месторождения с подсчетом запасов по категориям  $C_1$  и  $C_2$ , а также с оценкой величины прогнозных ресурсов  $P_1$  по рудному полю и месторождению ко II кварталу 1990 г.

III. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ.

В результате выполнения проектируемых работ должна быть закончена предварительная разведка месторождения, оценена его промышленная значимость, произведен подсчет запасов категорий  $C_1$  и  $C_2$ . Отчет с подсчетом запасов должен быть рассмотрен и утвержден в ЦКЗ Мингео СССР.

Общая продолжительность работ 3 года.

Начало работ 1 апреля 1987 г.

Окончание работ 1 апреля 1990 г.

**Задание 2 р.** Геологическое задание на проведение проекта деталь-

ной разведки штокверкового золоторудного месторождения.

УТВЕРЖДАЮ:

Министерство геологии РСФСР  
Объединение, управление, трест  
Востокгеология  
Экспедиция Приморская  
Партия Штокверковая  
Раздел плана *поисковые и разведочные работы*  
(*благородные металлы и алмазы*)  
Полезное ископаемое *золото*  
Наименование объекта *Месторождение Новое*  
*РСФСР, Заречный район*

---

(руководитель организации)

Геологическое задание на проведение детальной разведки месторождения Новое.

Основание выдачи геологического задания — пообъектный план Востокгеологии на 1987 г., утвержденный Мингео РСФСР.

I. Целевое назначение работ, пространственные границы объекта, основные оценочные параметры.

Детальная разведка месторождения между профилями 3 и 25 до глубины 650 м с целью получения данных, необходимых для составления проекта его отработки. В пределах горизонтов горных работ осуществить перевод запасов из категории  $C_2$  в категории В и  $C_1$  в количестве, установленном планом. Обеспечить прирост запасов категории  $C_2$  на северо-восточном фланге месторождения и ниже горизонта 450 м. Соотношение запасов категорий В и  $C_1$  принять в соответствии с классификацией запасов 1981 г. как 1 : 4.

II. Геологические задачи, последовательность и основные методы их решения.

1. Выяснить форму и размеры продуктивных залежей Северной штокверковой зоны между профилями 10 и 20 путем проходки трех горизонтов горных выработок, бурения подземных скважин до глубины 450 м в объеме, позволяющем провести подсчет запасов категории  $C_1$ .

2. В Северной штокверковой зоне между горизонтами 150 и 210 м выяснить основные особенности залежей путем сгущения разведочной сети с проходкой трех восстающих, дополнительных штреков и бурения скважин в объеме, позволяющем произвести подсчет запасов категории В.

3. Оценить по единичным пересечениям характер оруденения Северной штокверковой зоны в интервале глубин 450 — 650 м, а также перспективной зоны на северо-восточном фланге месторождения путем проходки горизонта 270 м и бурения из него скважин, позволяющих оценить запасы по категории  $C_2$ .

4. Провести оценку прогнозных ресурсов  $P_1$  для рудного поля и месторождения ниже гор. 650 м с помощью глубинной интерпретации геологических, геофизических и геохимических данных.

5. Изучить гидрогеологические и горнотехнические условия разведваемого месторождения путем проведения специальных исследований в скважинах и горных выработках.

6. Провести работы по выбору площадей под промышленные сооружения и отвальное хозяйство будущего горнодобывающего предприятия с использованием поверхностного бурения.

7. Провести технологические исследования для разработки схемы переработки сырья, для чего отобрать 10 валовых проб массой 100 т каждая. Исследовать пробы в промышленных условиях к I кварталу 1991 г.

8. Осуществить подготовку материалов к обоснованию проекта постоянных кондиций к III кварталу 1991 г.

9. Составить отчет о детальной разведке месторождения с подсчетом запасов по категориям В, С<sub>1</sub> и С<sub>2</sub>, а также с оценкой прогнозных ресурсов Р<sub>1</sub> рудного поля и месторождения к I кварталу 1992 г.

III. Ожидаемые результаты и сроки выполнения работ.

В результате выполнения работ должна быть закончена детальная разведка месторождения и получены необходимые данные для проектирования горного предприятия, а также произведен подсчет запасов по категориям В, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub> и оценены ресурсы Р<sub>1</sub>. Геологический отчет, составленный в соответствии с инструкцией, утвержденной ГКЗ СССР в 1984 г., представляется на рассмотрение ГКЗ СССР.

Общая продолжительность работ 5 лет.

Начало работ 1 марта 1987 г.

Окончание работ 1 марта 1992 г.

Примечание: выявление и разведка источников питьевого и технического водоснабжения, а также местных строительных материалов будут осуществляться по отдельным проектам.

## Глава 7

### МЕТОДИКА СОСТАВЛЕНИЯ ГЕОЛОГО-ПРОГНОЗНОЙ ОСНОВЫ

#### Общие положения

Геолого-прогнозная основа представляет собой специальный графический материал, на котором с учетом всей имеющейся информации показаны участки, отличающиеся по степени перспективности выявления полезной минерализации. На геолого-прогнозной основе, составляемой при проектировании разведочных работ, в зависимости от размера объекта, целевого назначения работ, детальности имеющейся графики выделяют установленные и предполагаемые продуктивные зоны (толщи), залежи или морфологически обособленные участки. При наличии данных в пределах объекта проектирования могут выделяться участки, отличающиеся степенью продуктивности.

При детализации наблюдений на разных стадиях разведки объектами оценки становятся различные соподчиненные уровни строения: продуктивные зоны или толщи (предварительная разведка); продуктивные залежи (детальная разведка); морфологически обособленные участки (эксплуатационная разведка). Объектом оценки на стадии доразведки может быть любой из выделенных уровней.

Особенностью составления геолого-прогнозной основы при проектировании разведочных работ является то, что основа выполняется не только по площади объекта, но и во всем объеме недр, т.е. в плане, на горизонтах, в проекциях и разрезах. Наличие такой графики позволяет уверенно выделять наиболее перспективные объемы недр, осуществлять конкретную пространственную привязку различных видов и объемов работ, показывать размещение ожидаемого прироста запасов.

При составлении геолого-прогнозной основы должны использоваться лишь те данные, которые эффективны для выявления и оценки объекта изучения и сопоставимы с ним по масштабам. Установленные и предполагаемые продуктивные зоны (толщи), залежи или морфологически обособленные участки выделяют с учетом максимального пространственного совмещения предпосылок и признаков.

При составлении геолого-прогнозной основы для стадии предварительной разведки (объект оценки — продуктивная зона или толща) необходимо учитывать следующие локальные предпосылки (по А.Б. Каждану):

согласные, выдержанные слоистые структуры, вмещающие оруденение;

благоприятные по свойствам и составу свиты и пачки вмещающих пород;

зоны расланцевания или межпластовых срывов;

крупномасштабные складчатые структуры и особенно их осложнения;

системы крупных тектонических нарушений и их осложнения;

контакты между комплексами пород различного состава.

Продуктивные зоны или толщи характеризуются следующими признаками: широкие первичные или остаточные ореолы элементов-индикаторов, потоки рассеяния минералов в аллювиальных отложениях, контрастные геофизические аномальные зоны, а также ореолы метасоматически измененных пород. Важнейший фактор — данные опробования на ограниченной площади естественных или искусственных обнажений.

При проектировании предварительной разведки в общем случае по совокупности имеющихся сведений о закономерностях локализации оруденения и признаках промышленной минерализации выделяют установленные и предполагаемые продуктивные зоны или толщи. Предполагаемые продуктивные зоны или толщи выделяют лишь на основе предпосылок, а установленные — при наличии дополнительно и признаков. Если для части площади геологическая ситуация не аналогична предполагаемым продуктивным зонам (толщам), то возможно отнесение этих площадей к зонам (толщам) с неясными перспективами. В некоторых

случаях при достаточном количестве разведочных данных в пределах продуктивных зон (толщ) могут выделяться участки, отличающиеся по степени продуктивности.

Площади с отсутствием минерализации при проектировании из рассмотрения, как правило, исключают. Основной объем проектируемых работ размещают в пределах установленных и предполагаемых продуктивных зон или толщ. На геолого-прогнозной основе обязательно должны быть показаны все пройденные выработки и скважины.

На стадии детальной разведки объектом оценки является продуктивная залежь. Пространственное положение продуктивных залежей определяют следующие предпосылки

- крупные тектонические нарушения и их осложнения;

- благоприятные по свойствам и составу пласты и слои вмещающих пород;

- приконтактные горизонты экранирующих пород, часто с послойными срывами и развальцеванием;

- отдельные складчатые структуры и их осложнения.

Важнейшие признаки продуктивных залежей — сближенные в пространстве рудные выходы и данные опробования по разведочным пересечениям; контрастные первичные или остаточные ореолы элементов-индикаторов оруденения; ореолы околорудных метасоматически измененных пород.

При проектировании детальной разведки общий подход к выделению в пределах продуктивных зон (толщ) предполагаемых или установленных залежей сохраняется таким же, как и на предварительной разведке.

Установленные продуктивные залежи выделяют при наличии предпосылок и признаков оруденения (обычно в виде данных опробования по системе разведочных пересечений).

В случае присутствия только предпосылок (иногда с данными опробования по единичным пересечениям) целесообразно выделять лишь предполагаемые продуктивные залежи.

В пределах продуктивных залежей могут быть обособлены локальные участки с различной степенью продуктивности. В дальнейшем основной объем проектируемых работ размещают в пределах предполагаемых продуктивных залежей, а детализационные работы на установленных залежах — в пределах участков, подлежащих первоочередной отработке.

Составление геолого-прогнозной основы для стадии эксплуатационной разведки связано с учетом закономерностей локализации оруденения и признаков, относящихся к морфологически обособленным участкам (блокам) залежи или отдельным скоплениям, сопоставимым с объемом селекции при добыче. Для их выделения необходимо учитывать узколокальные геологические предпосылки:

- отдельные тектонические трещины и их осложнения;

- особо благоприятные по свойствам и составу прслои вмещающих пород;

экранирующие поверхности контактов и их пересечения с разрывными нарушениями;

структуры прототектоники магматических пород.

К признакам морфологически обособленных участков и локальных обособлений относятся прежде всего данные опробования разведочных пересечений, реже рудных выходов. В некоторых случаях на наличие оруденения указывают резко контрастные локальные геохимические или геофизические аномалии.

Составление геолого-прогнозной основы для условий доразведки не имеет принципиальных отличий от других стадий геологоразведочных работ. Обычно построение основы сводится к одной из ранее рассмотренных схем и поэтому специально не рассматривается.

Темы заданий следующие: составление геолого-прогнозной основы для стадий предварительной разведки, детальной разведки, доразведки и эксплуатационной разведки.

**Задание.** Составление геолого-прогнозной основы для проектируемых разведочных работ.

Исходные данные: геологические планы и размеры с кратким геологическим описанием; информация о ранее проведенных работах, включая их пространственное местоположение и результаты опробования по разведочным пересечениям.

Лабораторная база: объемные, графические и цифровые модели месторождений; стендовый материал кабинета кафедры "Методика поисков и разведки месторождений полезных ископаемых"; лаборатория математического моделирования месторождений; персональная ЭВМ.

Основные вопросы:

1. Для изучаемого уровня строения обосновать предпосылки и признаки оруденения.

2. С учетом предпосылок и признаков на плане и разрезе оконтурить объект проектирования.

3. По степени совмещения предпосылок и признаков выделить установленные и предполагаемые участки объекта проектирования.

4. По возможности в пределах объекта проектирования выделить участки, отличающиеся по продуктивности.

Отчетные документы: геолого-прогнозная основа на плане и в разрезе; пояснительная записка объемом 3 — 5 страниц с перечнем и обоснованием предпосылок и признаков.

**Задание 1 р.** Составление геолого-прогнозной основы для предварительной разведки пластового месторождения марганцевых руд.

В результате поисково-оценочных работ выявлено месторождение марганцевых руд, относящихся к вулканогенно-осадочному промышленному типу в карбонатно-кремнистых породах. Проведенные геологические, геофизические и геохимические исследования, а также данные опробования канав, шурфов и скважин позволили выделить для продуктивной толщи следующие локальные предпосылки.

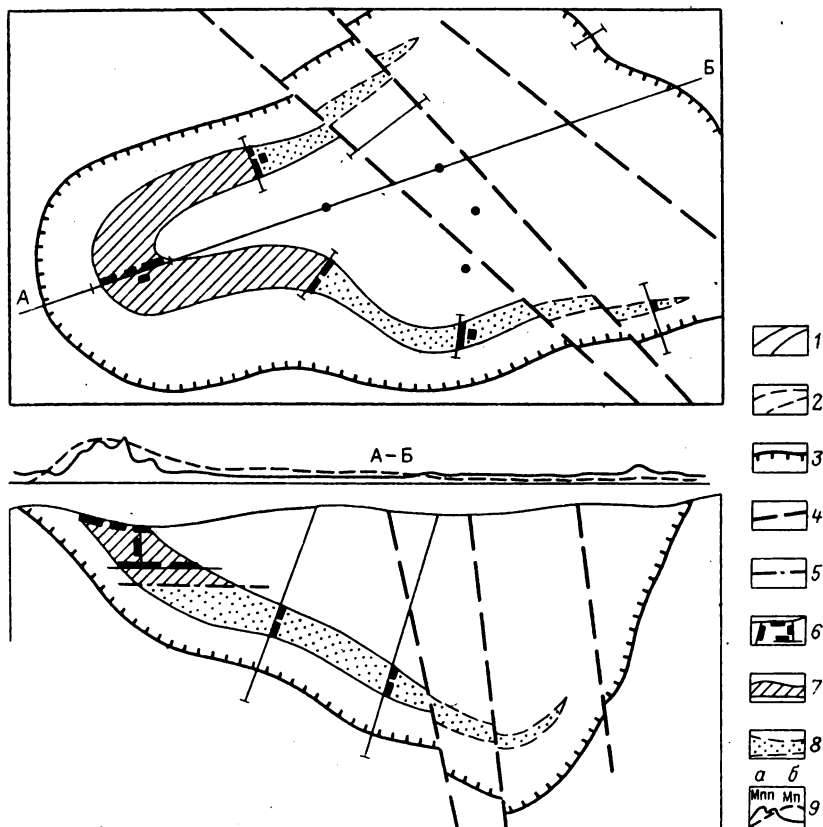


Рис. 41. Геолого-прогнозная основа для предварительной разведки пластового месторождения марганцевых руд:

1, 2 – контуры продуктивной толщи: 1 – установленный, 2 – предполагаемый; 3 – граница безрудных эффузивных пород и рудоносных пород карбонатного состава; 4 – тектонические нарушения; 5 – граница зоны окисленных руд; 6 – скважины и горные выработки с интервалами кондиционных руд (на разрезе); 7 – участки высокопродуктивные; 8 – участки средне- и низкопродуктивные; 9 – величина напряженности электромагнитного поля (а – метод МПП) и результаты литохимического опробования на марганец (б) по опорному профилю

1. Приуроченность толщи к замковой, наиболее деформированной части складки.

2. Связь оруденения с пологопадающими участками складки и его отсутствие в крутых, часто тектонически нарушенных участках.

3. Четкий стратиграфический контроль продуктивной толщи пачкой кремнистых известняков.

4. Установлены следующие признаки: контрастные аномалии литохимического опробования на марганец и результаты использования метода переходных процессов (МПП "Каскад"), а также данные опробо-

План горизонта 100

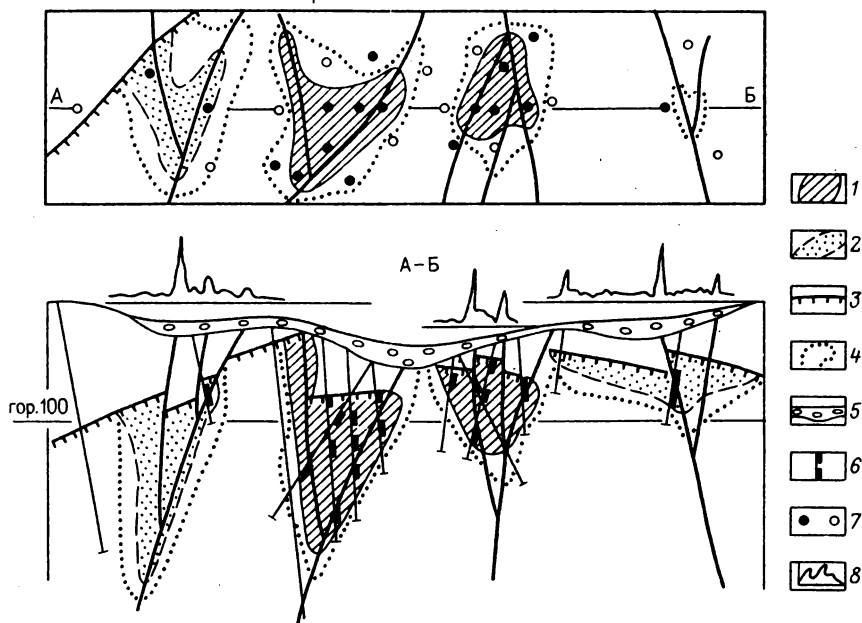


Рис. 42. Геолого-прогнозная основа для детальной разведки ртутного месторождения:

1, 2 – контуры рудной залежи: 1 – установленный, 2 – предполагаемый; 3 – экранирующий контакт известняков со сланцами; 4 – границы зоны развития джаспероидов; 5 – рыхлые отложения; 6 – скважины и интервалы кондиционных руд (на разрезах); 7 – положение рудных и безрудных скважин (на плане); 8 – данные газортутной съемки

вания пересечений, пройденных на стадии поисково-оценочных работ.

С учетом предпосылок и признаков на плане и в разрезе определено пространственное положение марганценовой толщи (рис. 41). В ее пределах выделяют участки с установленным и предполагаемым оруденением. Участки с установленным оруденением выделяют не только при наличии благоприятных предпосылок, но и по данным, непосредственно указывающим на наличие промышленного оруденения. К таким данным относятся прежде всего результаты опробования канав, шурфов и скважин.

На месторождении в процессе предварительного изучения в замке складки установлено развитие зоны окисления с относительно богатыми псиломелановыми рудами. Эти данные позволили выделить в верхней части марганценовой толщи центральный участок с высокой продуктивностью. Неокисленные руды характеризуются более низким качеством и поэтому обладают низкой и средней продуктивностью.

**Задание 2 р.** Составление геолого-прогнозной основы для детальной разведки ртутного месторождения.

По данным предварительной разведки исследуемое месторождение ртути может быть отнесено к джаспероидному промышленному типу. Изучение поверхности, бурение большого числа скважин и проходка в некоторых местах штолен показали, что залежи имеют очень сложное внутреннее строение и характеризуются крайне неправильной формой (от пластовой до столбообразной). Основные закономерности локализации оруденения для продуктивных залежей.

1. Приуроченность залежей к крутопадающим структурам второго порядка и их усложнениям.

2. Наличие экранирующего контакта известняков с вышележащими сланцами.

3. Связь оруденения с замковыми частями антиклинальных складок карбонатных пород.

К признакам продуктивных залежей, определяющим их пространственное положение, могут быть отнесены прежде всего данные опробования разведочных пересечений, а также контрастные, узколокальные газортутные аномалии и наиболее интенсивно проявленные ореолы метасоматически измененных карбонатных пород — джаспероидов.

Анализ предпосылок и признаков ртутного оруденения позволил выделить ряд продуктивных залежей. К установленным залежам могут быть отнесены залежи, наиболее изученные с помощью бурения. Чрезвычайная сложность строения залежей не позволяет уверенно их оконтуривать даже при наличии нескольких скважин. В этом случае контур залежи необходимо рассматривать лишь как предполагаемый (рис. 42).

Продуктивные залежи характеризуются не только сложным строением, но и высокой изменчивостью свойств. Богатые интервалы закономерно чередуются с участками бедных и некондиционных руд, а также пустых пород. Таким образом, на стадии предварительной разведки невозможно однозначно выделить залежи или их участки по продуктивности. Продуктивность залежей оценивается в целом как средняя.

## Глава 8

### ОЦЕНКА СЛОЖНОСТИ СТРОЕНИЯ РУДНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ

Сложность строения рудных образований определяет решение многих важных задач разведки, таких, как определение рационального соотношения запасов различных категорий, оптимальной плотности разведочной сети, достоверности оконтуривания, выбора эффективных технических средств разведки.

Сложность строения прежде всего проявляется в развитии разнообразных морфологических элементов, характеризующихся вполне определенным поведением рудного контура. Среди морфологических элементов можно выделить две группы. Первая группа элементов связана с разрывами сплошности оруденения ("окна", "заливы", "волны" и перерывы), вторая группа связана с морфологическими усложнениями

(сателлиты, перемычки, апофизы, раздувы, пережимы, ветвления, расщепления, выклинивания, смещения, участки с постоянной мощностью и элементами залегания). Чем шире и разнообразнее представлены морфологические элементы обеих групп, тем сложнее строение объекта.

Согласно "Классификации запасов месторождений и прогнозных ресурсов твердых полезных ископаемых," месторождения (участки) подразделяются по сложности строения на четыре группы. При выделении этих групп учитывались такие факторы, как нарушенность условий залегания, выдержанность мощности и качества, особенности внутреннего строения и равномерность распределения полезных компонентов.

Первая группа объединяет месторождения (участки) простого геологического строения с ненарушенным или слабонарушенным залеганием, выдержанной мощностью, внутренним строением и качеством полезного ископаемого, с равномерным распределением основных ценных компонентов.

Вторая группа объединяет месторождения (участки) сложного геологического строения, характеризующиеся изменчивыми мощностью и внутренним строением либо нарушенным их залеганием, невыдержанным качеством полезного ископаемого или неравномерным распределением основных ценных компонентов, а также месторождения углей и ископаемых солей простого геологического строения, но с очень сложными горно-геологическими условиями.

Третья группа объединяет месторождения (участки) очень сложного геологического строения с резко изменчивой мощностью и внутренним строением либо интенсивно нарушенным залеганием или невыдержанным качеством полезного ископаемого и весьма неравномерным распределением основных ценных компонентов.

Четвертая группа объединяет месторождения (участки) весьма сложного геологического строения, характеризующиеся резкой изменчивостью мощности и внутреннего строения либо интенсивно нарушенным залеганием, а также невыдержанным качеством и весьма неравномерным распределением основных ценных компонентов.

Применительно к конкретным видам минерального сырья характеристика групп по сложности строения дополняется описанием формы и размера рудных образований. По форме выделяются пласты, жилы и жильные зоны, линзы, изометричные и линейные штокверки, трубы и гнезда. Размер рудных образований изменяется в широких пределах — от весьма крупных до очень мелких. Обобщая материал инструкций по применению классификации запасов к конкретным видам минерального сырья, можно отметить, что к I группе относятся объекты исключительно крупные, ко II группе — крупные и средние, к III группе — средние и мелкие, к IV группе — только мелкие. Принадлежность месторождения (участка) к той или иной группе по сложности строения определяется по степени сложности основных рудных образований, заключающих в себе не менее 70 % общих запасов.

При предварительной разведке знание принадлежности месторождения к той или иной группе по сложности строения определяет рациональ-

## Соотношение запасов различных категорий

Категории запасов	Группы по сложности строения						
	I	II	III	IV	I	II	III
	Металлы и нерудные полезные ископаемые				Угли и горючие сланцы		
A + B	30	20	—	—	50	50	—
В том числе A	10	—	—	—	20	—	—
Не менее:							
C <sub>1</sub>	70	80	80	50	50	50	100
C <sub>2</sub>	—	—	20	50	—	—	—

Примечание. Для месторождений IV группы с гнездовым оруденением (ртуть, пьезооптическое и камнесамоцветное сырье) запасы категории C<sub>1</sub> должны быть не менее 20 % общих запасов категории C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub>.

ное соотношение запасов категории C<sub>1</sub> и C<sub>2</sub>. Для месторождений, относящихся к I группе, количество разведываемых запасов категории C<sub>1</sub> рекомендуется в пределах 40 – 50 %, а для месторождений II и III групп – в пределах 30 – 40 % общего количества запасов. Запасы месторождений, относящихся к IV группе, должны разведываться только до категории C<sub>2</sub>.

Наиболее ответственна оценка сложности строения при детальной разведке месторождений. Именно на этой стадии требуется специальное обоснование для отнесения объекта к той или иной группе по сложности строения, на этой основе принимают решение о подготовленности объекта к промышленному освоению. Согласно действующей классификации запасов, на стадии детальной разведки месторождения считаются подготовленными к промышленному освоению, если выдерживаются определенные соотношения запасов различных категорий (табл. 21).

Природные объекты с позиций системного подхода, являющегося методологической основой изучения недр, принято рассматривать как иерархическую, многоуровненную систему. Каждый уровень состоит из условно однородных, соразмерных элементов. При детализации наблюдений в каждом элементе выявляют новые, меньшие по размерам элементы, принадлежащие уже к более высокому структурному уровню.

Чем сложнее строение месторождения, тем большим числом уровней оно обладает. Месторождения I группы имеют один-два уровня, II группы – три, III группы – четыре, IV группы – более четырех уровней строения. Самым низким уровнем, который целесообразно учитывать при разведке, является уровень месторождения, далее следует уровень продуктивной зоны (толщи), продуктивной залежи, морфологически обособленного участка, локального обособления, минерального агрегата и кристалла.

Однозначное выделение уровней затруднено отсутствием четких количественных критериев их геометризации. В то же время уровни отличаются друг от друга прежде всего размером их элементов неоднородности. С этих позиций месторождения I группы характеризуются самыми крупными по размерам элементами неоднородности, месторождения IV группы имеют самые мелкие элементы неоднородности. Таким образом, размер элементов неоднородности высшего уровня – ведущий количественный признак при оценке сложности строения месторождений, а число уровней – лишь дополнительная характеристика.

Для однозначного сопоставления месторождений по сложности строения оценка размеров элементов неоднородности должна производиться в пределах одного морфологического типа и вида минерального сырья. В качестве элементов неоднородности высшего уровня при разведке выступают технологически сплошные скопления, выделяемые по кондициям с учетом требований промышленности. В производственной практике эти скопления обычно называют рудными телами. Зависимость сложности строения от размеров элементов неоднородности высшего уровня приведена в табл. 22 на примере жильных золоторудных месторождений.

Размеры технологически сплошных скоплений для соответствующих групп по сложности строения других видов минерального сырья и других морфологических типов могут быть рассчитаны по соответствующим инструктивным или справочным материалам, в частности по месторождениям цветных металлов.

На разных стадиях разведки информация о размерах технологически сплошных скоплений имеет различный характер. При предварительной разведке, когда существует относительно редкая сеть пересечений, эта информация имеет линейный характер. Чаще всего достоверные сведения получают по данным изучения скважин, что связано с оценкой такой характеристики, как мощность. Реже по данным изучения поверхности или подземных горных выработок может быть оценена протяженность рудных скоплений по простиранию.

В процессе детальной разведки линейные характеристики размеров дополняются площадными характеристиками (величина рудной площади и отношение периметра к рудной площади). Получение площадных характеристик производится по участкам выборочной детализации, в качестве которых выступают горизонты горных работ или специальные разрезы с очень плотной сетью пересечений. На стадии эксплуатации густая сеть буровзрывных скважин помимо линейных и площадных характеристик объекта позволяет иногда оценивать и объемные параметры (объем, площадь поверхности и т.д.).

Задания проводятся по следующим основным темам: 1 – оценка сложности строения месторождения по результатам предварительной разведки; 2 – оценка сложности строения месторождения, находящегося на стадии доразведки; 3 – оценка сложности строения месторождения на стадии эксплуатационной разведки; 4 – оценка сложности строения месторождения по результатам детальной разведки.

Группировка золоторудных месторождений жильного типа по сложности строения (составлена с учетом данных "Инструкции по применению классификации запасов", 1983 г.)

Группа месторождений	Размер технологически сплошных скоплений		
	Качественная оценка	Количественная оценка*	
		Мощность, м	Протяженность, м
II	Крупные	Менее 3	Более 1000
III	Средние	Более 0, л	Более 100л
IV	Мелкие	Менее 3	Менее 1000
		Менее 0,3	10л

\*Эти данные целесообразно дополнять и другими, более общими характеристиками размера, такими, как площадь и отношение периметра контура к рудной площади.

Задания принципиально не отличаются друг от друга, поэтому их содержание дается в обобщенном виде.

**Задание.** Оценка сложности строения рудных образований на разных стадиях геологических работ.

**Исходные данные:** геологические планы поверхности, планы горизонтов, уступов и разрезы; журналы документации, результаты опробования разведочных пересечений.

**Лабораторная база:** лаборатория математического моделирования месторождений; стендовые материалы кабинета "Методика поисков и разведки"; объемные модели месторождений разных типов; персональные ЭВМ.

**Основные вопросы:**

1. Определить с учетом имеющейся геологической информации промышленный тип месторождения.

2. В соответствии с данными по разведочным пересечениям, стадией изучения, особенностями объекта количественно оценить размеры технологически сплошных скоплений, включая данные по мощности, длине по простиранию и падению, площади. Оценить изменчивость этих параметров.

3. Дать характеристику особенностей распределения содержания полезного компонента и качества руд. Сделать вывод об изменчивости содержания.

4. Подобрать с помощью инструктивных и справочных материалов количественные и качественные характеристики особенностей строения аналогичных по морфологии объектов, но относящихся к различным группам по сложности строения. Составить сравнительную таблицу, включая характеристики изучаемого месторождения.



**Характеристика особенностей строения апатитовых месторождений пластообразной формы (по А.С. Филько и др., с дополнениями и изменениями)**

Особенности строения сплошных скоплений продуктивной толщи	Группа месторождений по сложности строения		
	I	II	III
Мощность, м	Более 10	Более 2	Более 40
Длина по простиранию, км	2 – 12	1,5 – 10	Более 10
Длина по падению, км	Более 2	Более 0,5	Более 2
Нарушенность залегания	Ненарушенные или слабонарушенные	Часто нарушенные	Ненарушенные
Изменчивость содержания	Равномерное	Неравномерное	Равномерное
Примеры месторождений	Кукисвумчорр, Юкспор, Партомчорр	Коашва, Олений ручей, Кручининское	Изучаемое месторождение

и пострудных нарушений. В строении месторождения выделяется только один уровень – уровень продуктивной толщи.

Морфологические усложнения представлены раздувами, их мощность по данным бурения достигает 200 м. В участках с постоянными элементами залегания мощность толщи также значительна (40 – 50 м). Эти данные о размерах технологически сплошных скоплений наиболее объективны, так как определяются непосредственным измерением в скважинах. Изменчивость мощности продуктивной толщи небольшая, коэффициент вариации 25 %. Протяженность толщи по простиранию установлена на поверхности с помощью серии канав и составляет 10 км. Протяженность толщи по падению более двух километров, что подтверждается данными бурения.

Распределение полезного компонента ( $P_2O_5$ ) равномерное. Коэффициент вариации  $P_2O_5$  по керновым пробам длиной 5 м составил 17 %, радиус автокорреляционной функции при той же длине проб и для того же компонента равен 55 м.

Сравнение полученных данных с данными по аналогичным апатитовым месторождениям, относящимся к I и II группам по сложности строения, приведено в табл. 23.

Анализ данных таблицы позволяет говорить о том, что изучаемое месторождение по размерам элементов неоднородности продуктивной толщи и другим особенностям может быть уверенно отнесено к месторождениям I группы по сложности строения.

**Задание 2 р.** Оценка сложности строения месторождения, находящегося на стадии доразведки.

План горизонта 100 м

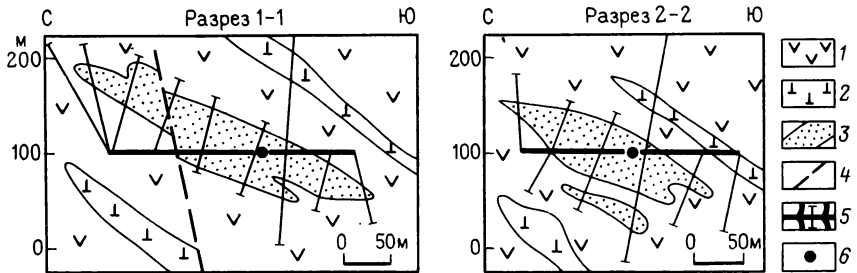
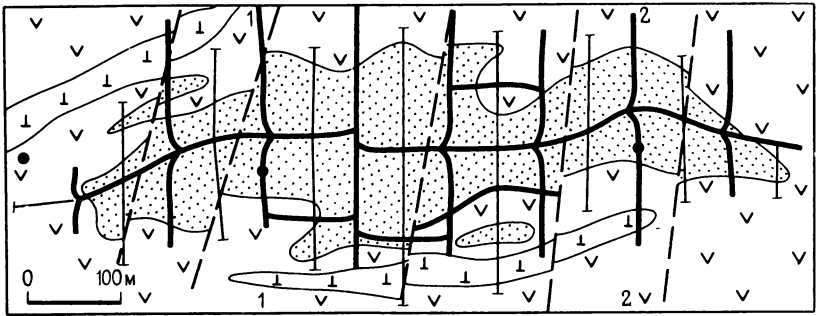


Рис. 44. План и разрезы продуктивной залежи хромитовых руд:

1 – дуниты; 2 – энстатитовые дуниты; 3 – хромитовые руды; 4 – тектонические нарушения; 5 – горные выработки и скважины; 6 – подсечения залежи на горизонте 100 м поисковыми скважинами с нижнего эксплуатационного этажа

Эксплуатируемое месторождение хромитовых руд залегает в пределах массива ультрабазитов. Для восполнения сырьевой базы предприятия с нижнего эксплуатационного горизонта пробурены поисковые скважины, обнаружившие новую продуктивную залежь хромитовых руд. В процессе доразведки залежь вскрыта системой горных выработок и подземных скважин по сети 100 x 50 м. По этим данным подсчитаны запасы по категории  $C_1$  (рис. 44).

Проведенными работами установлено, что продуктивная залежь имеет линзовидную форму протяженностью 750 м и шириной до 200 м. Максимальная мощность залежи в центральной части около 50 м. Изменчивость мощности относительно невелика, коэффициент вариации составляет 55%. Внутреннее строение залежи простое, однако в пострудное время она была разбита на систему отдельных блоков с амплитудой перемещения до первых десятков метров. Результаты детального изучения скважин и горных выработок, особенно рудных штреков, показали, что длина блоков по простиранию значительна и колеблется от 100 до 200 м. В некоторых местах продуктивная залежь усложняется апофизами, заливами пустых пород, раздувами и пережимами, отмечается наличие небольших спутников.

Характеристика особенностей строения хромитовых месторождений с линзообразными залежами (по данным "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям хромовых руд" и "Справочника по рудам черных металлов для геологов" [24])

Особенности строения	Группа месторождений по сложности строения		
	I	II	III
Длина залежи в целом (по простиранию), м	Более 300	10л–300	750
Мощность залежи, м	Крупные (10л и более)	Средние и мелкие (менее 10)	20 – 50
Размер технологически сплошных участков залежи по длине, м	Более 50	Менее 50	100 – 200
Нарушенность залегания	Слабая	Сильная	Слабая
Выдержанность мощности	Выдержанная	Невыдержанная	Относительно выдержанная
Примеры месторождений	Миллионное, Молодежное	Первомайское, Спорное	Исучаемая залежь

Распределение полезного компонента достаточно равномерное. Коэффициент вариации  $Cr_2O_3$  по керновым и бороздовым пробам длиной 2 м в среднем составляет 45 %. Радиус автокорреляционной функции содержания при той же длине проб пересечения вкрест простирания колеблется от 18 до 34 м. Полученные данные свидетельствуют об относительной стабильности качества полезного компонента.

Для отнесения продуктивной залежи к той или иной группе по сложности строения проведем сравнительный анализ с аналогичными хромитовыми месторождениями (табл. 24).

По всем показателям, особенно по размерам залежи в целом и ее элементам неоднородности, изучаемая залежь может быть отнесена ко II группе по сложности строения.

**Задание 3 р.** Оценка сложности строения месторождения на стадии эксплуатационной разведки.

Оцениваемое месторождение силикатно-никелевых руд приурочено к линейной коре выветривания на серпентинитах. Данные эксплуатационной разведки, а также ранее выполненных геологоразведочных работ свидетельствуют о достаточно сложном строении объекта. Всего на месторождении выделены четыре уровня строения (рис. 45).

Помимо уровня месторождения устанавливается уровень продуктивной зоны. Положение этого уровня определяется развитием зоны выщелоченных пород, имеющей в целом плащеобразную форму. Кроме того, в пределах продуктивных зон выделяется уровень продуктивных залежей, тесно связанных с развитием карстовых образований. Карстовые образования имеют форму уплощенных воронок. Самый высокий,

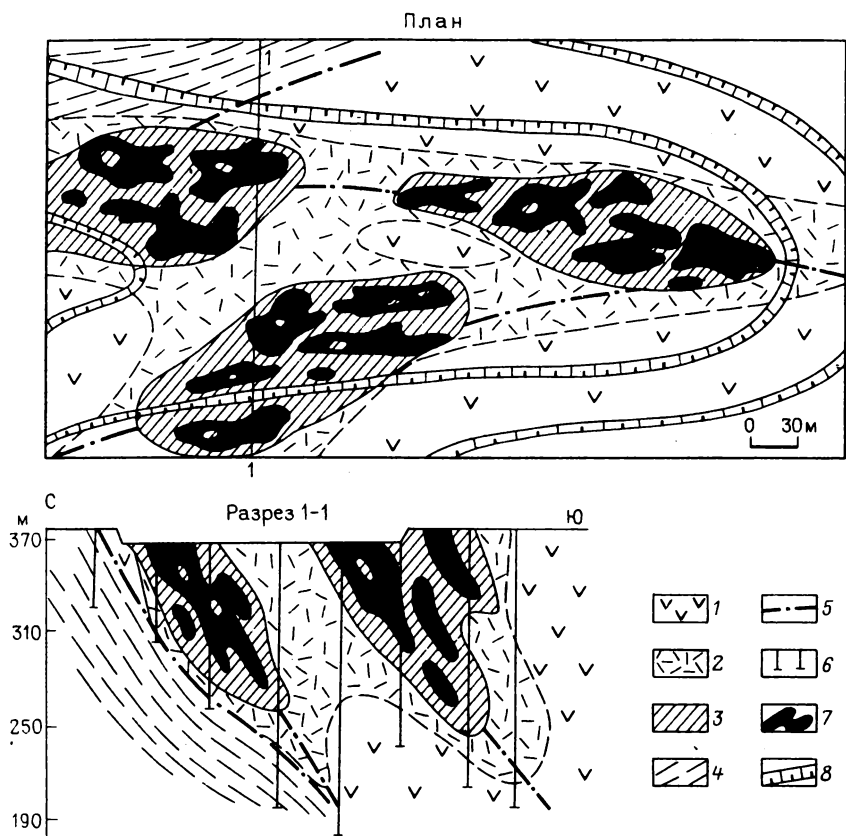


Рис. 45. План и разрез продуктивных залежей месторождения силикатно-никелевых руд, локализованных в коре выветривания линейного типа:

1 – серпентиниты; 2 – выщелоченные серпентиниты; 3 – карстовые образования; 4 – сланцы; 5 – тектонические нарушения; 6 – скважины детальной разведки; 7 – контуры технологически сплошных скоплений руд; 8 – контур уступов карьера (на плане)

четвертый уровень установлен по данным эксплуатационного опробования буровзрывных скважин по сети 5 x 5 м. Это уровень морфологически обособленных участков, представленных технологически сплошными скоплениями линзообразной и клиновидной форм.

Рудные скопления четвертого уровня приурочены к охристо-кремнистым образованиям и имеют разнообразные морфологические осложнения: раздувы, пережимы, окна, заливы, апофизы, ветвления, отдельные мелкие скопления в виде спутников. Размеры технологически сплошных скоплений также непостоянны. В плане они изменяются от первых десятков до сотен квадратных метров. На глубину скопления прослеживаются до 120 м при мощности от первых метров до 30 м

Характеристика особенностей строения силикатных никелевых руд плащеобразной и линзовидной формы (по данным "Инструкции по применению классификации запасов к месторождениям никелевых и кобальтовых руд" и "Справочника по поискам и разведке месторождений цветных металлов", с дополнениями)

Особенности строения	Группа месторождений по сложности строения		
	I	II	III
Площадные размеры технологически сплошных скоплений морфологически обособленных участков, м <sup>2</sup> Формы скоплений Изменчивость содержания и мощности Примеры месторождений	Менее 1000л  Линзообразная Неравномерная  Черемшанское, Липовское	Менее 400  Клиновидная Невыдержанная  Рогожское, Синарское	10л – 100л    Изучаемое месторожде- ние

в раздувах. Коэффициент вариации площадных размеров достаточно велик и составляет 123 %.

По данным эксплуатационного опробования скважин установлено, что содержание полезного компонента неравномерное. Коэффициент вариации содержания никеля при длине пробы в один метр в среднем составил 115 %. Радиус автокорреляционной функции содержания никеля при той же длине проб по падению скоплений колеблется от 2 до 8 м.

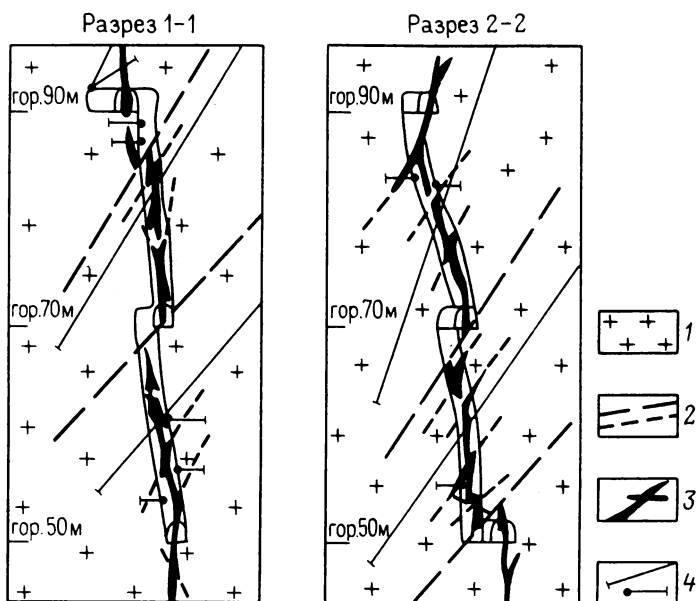
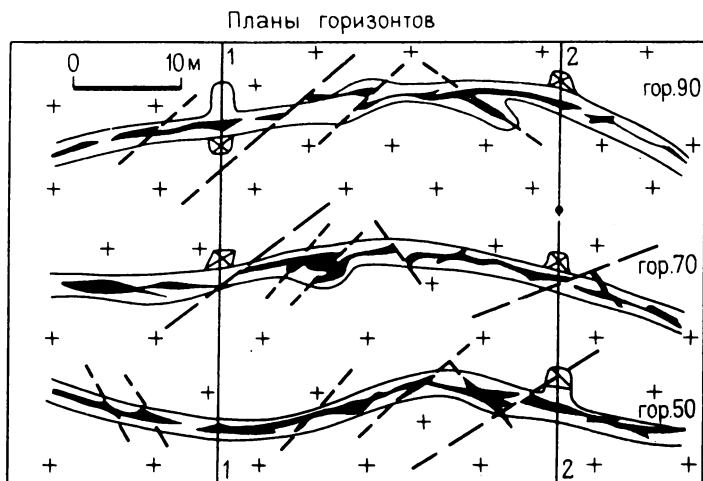
Рассмотренный тип никелевых месторождений по сложности строения может быть отнесен ко второй или третьей группе (табл. 25).

Таким образом, изучаемое месторождение наиболее близко к месторождениям III группы по сложности строения. Основным критерием для отнесения объекта к III группе послужили небольшие площадные размеры технологически сплошных скоплений никелевых руд.

**Задание 4 р.** Оценка сложности строения месторождения по результатам детальной разведки.

Детальная разведка золоторудного месторождения в основном осуществлялась с помощью горных выработок и небольшого числа скважин и шуров. На участке детализации пройдены подэтажный штрек и четыре восстающих. Эти данные позволили установить, что месторождение по своим особенностям относится к золото-кварц-сульфидной формации.

Строение месторождения крайне неоднородное из-за значительной пространственной разобщенности рудных образований. Выделяют следующие пять уровней строения: уровень месторождения, уровень продуктивной зоны (общее количество зон 5), уровень продуктивной залежи



**Рис. 46.** Планы горизонтов и разрезы золоторудного месторождения:

1 – рудовмещающие граниты; 2 – тектонические нарушения разных порядков; 3 – контуры технологически сплошных рудных скоплений; 4 – скважины и шуры

(общее количество залежей 23), уровень морфологически обособленного участка (система сближенных жилок) и уровень локального обособления (отдельные непрерывные по простиранию или падению скопления).

Таблица 26

Характеристика особенностей строения золоторудных месторождений жильного типа (по данным "Инструкции по применению классификации запасов к золоторудным месторождениям"; с дополнениями)

Особенности строения	Группа месторождений по сложности строения		Изучаемое месторождение
	III	IV	
Мощность скоплений, м	Менее 3	Менее 0,3	0,1 – 1 (в среднем 0,4)
Длина скоплений, м	100 <i>n</i>	<i>n</i> 10 <i>n</i>	От <i>n</i> до <i>n</i> 10
Изменчивость мощности	Высокая	–	–
Внутреннее строение	Нерезкое, редко прерывистое		Прерывистое
Распределение содержания	Неравномерное		Весьма неравномерное

По данным опробования горных выработок, скважин и шпуров технологически сплошные скопления имеют жильную форму, осложненную многочисленными раздувами, пережимами, ветвлениями, апофизмами, смещениями, заливами и "окнами" пустых пород и некондиционных руд. Размеры скоплений небольшие. Мощность изменяется от сантиметров до метра в раздувах (в среднем 0,4 м), протяженность – от метров до десятков метров (рис. 46). Изменчивость мощности достаточно высокая, коэффициент вариации по простиранию по данным позабойного опробования составляет 190 %. Радиус автокорреляционной функции по этим же данным составляет 2 м.

Качество руд в среднем очень высокое, но наряду с богатыми гнездами встречаются участки с бедным оруденением. Изменчивость содержания полезного ископаемого по данным задириковых проб весьма неравномерная и составляет более 250 %. Для автокорреляционной функции по первым же значениям наблюдается эффект самородков, зона влияния при шаге в 1,5 м не устанавливается.

По особенностям строения данное месторождение может относиться к III или IV группе по сложности строения (табл. 26).

Полученные результаты показывают, что по особенностям строения изучаемое месторождение должно быть отнесено к IV группе по сложности строения. Об этом свидетельствует прежде всего близость линейных размеров технологически сплошных скоплений к параметрам, характерным для объектов IV группы.

## **ВЫБОР РАЗВЕДОЧНОЙ СИСТЕМЫ И ТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ РАЗВЕДКИ**

### **Общие положения**

Разведочной системой называется совокупность определенным образом ориентированных разведочных разрезов. Каждый такой разрез представляет собой серию разведочных пересечений, расположенных по возможности по линии максимальной изменчивости рудного образования и на полную его мощность. По пространственной ориентировке разрезов среди разведочных систем выделяются четыре класса: вертикальные разрезы, горизонтальные разрезы, комбинации вертикальных и горизонтальных разрезов, разрезы в плоскости падения.

Выбор класса систем зависит прежде всего от морфологических особенностей рудных образований. Разведочная система в виде вертикальных разрезов чаще всего используется при оценке месторождений пластового типа, а иногда и месторождений изометричной формы со штокверковым внутренним строением. Для рудных образований пластового типа характерно горизонтальное или субгоризонтальное залегание и наличие литолого-стратиграфического контроля оруденения. В плане эти образования часто имеют вытянутую, близкую к лентообразной форму. К данному типу относятся следующие объекты: оруденение медистых песчаников в пестроцветных толщах, докембрийские золотоносные конгломераты, осадочные месторождения бокситов, стратиформные месторождения полиметаллов, месторождения угля, солей и многих других видов полезных ископаемых.

Разведочная система, состоящая из горизонтальных разрезов, используется при оценке объектов трубообразной формы. Для этого типа рудных образований характерен структурно-литологический контроль, большая протяженность по падению при относительно небольших размерах в плане. К данному типу относятся месторождения карбонатитов, коренные месторождения алмазов, многие месторождения цветных металлов и золота.

Комбинированная разведочная система вертикальных и горизонтальных разрезов применяется при оценке месторождений со значительной мощностью рудных образований. Обычно это объекты изометричной формы со сложным штокверковым внутренним строением, где размещение оруденения контролируется разнообразными структурно-литологическими факторами. Среди объектов данного морфологического типа можно отметить месторождения медно-молибденовых руд, редкометальных грейзенов, золота и других металлов. Данная система также используется при разведке линзо- и жилообразных объектов с мощностью, превышающей ширину горной выработки. Месторождения этого типа обычно имеют структурный или литологический контроль оруденения, иногда значительную протяженность по простиранию и

падению. К данному типу относятся многие коренные месторождения оловянных руд силикатно-сульфидной формации, месторождения медноколчеданных руд в вулканогенно-осадочных породах, жильные месторождения золота и вольфрама.

Разведочная система в виде разрезов плоскости падения используется при оценке месторождений, где рудные скопления имеют уплощенную форму и небольшую мощность, не превышающую ширины горной выработки. Это месторождения жильного типа с четким структурным контролем оруденения, резкой анизотропией формы и очень сложным гнездовым характером распределения полезных компонентов. Рудные образования в виде тонких жил характерны для многих месторождений олова, вольфрама, золота, урана и других металлов.

Разведочные разрезы, как и разведочные пересечения, стремятся ориентировать таким образом, чтобы они пересекали рудные образования по линии максимальной изменчивости. Обычно таким направлением является мощность объекта. Расстояние между разрезами определяется плотностью выбранной разведочной сети, которая зависит от степени разведанности и от применяемых технических средств.

При создании разведочных разрезов используют различные технические средства, одно из самых распространенных — буровые скважины. В процессе разведки месторождений твердых полезных ископаемых с помощью буровых скважин можно оценивать особенности оруденения в интервале глубин от десятков (класс 1) до тысяч метров (класс 8). Диаметр скважин при этом может изменяться от 36 до 295 мм. Помимо собственно разведочных задач, связанных с оценкой качества и оконтуриванием полезного ископаемого с поверхности или из подземных горных выработок, скважины позволяют решать и многие другие вопросы: картирование перекрытых площадей, оценка инженерно-геологических и гидрогеологических условий, решение технических и специальных вопросов, связанных с вентиляцией выработок, замораживанием грунтов, понижением уровня подземных вод и т.п. Основной геологический материал, получаемый при бурении, — керн, выход которого должен составлять не менее 70 %.

Во многих случаях помимо скважин при создании разведочных систем используют горные выработки, среди которых выделяют поверхностные и подземные. К поверхностным выработкам относят копуши, канавы, траншеи, расчистки и разведочные карьеры. Основные выработки — магистральные и прослеживающие канавы, проходимые для вскрытия коренных пород в рыхлых отложениях мощностью до 6 м.

К основным подземным разведочным выработкам, проходимым для вскрытия рудных образований на значительной глубине от поверхности, относят шурфы (глубина до 30 м), шахты (обычно глубиной до 500 м), штольни, квершлагги, штреки, рассечки и восстающие. Эти выработки, несмотря на значительные затраты по их проведению, дают очень ценную информацию о качестве полезного ископаемого и особенностях строения рудных образований, которые невозможно получить

при изучении керна скважин. При разведке рекомендуется использовать горные выработки в следующих случаях: высокая изменчивость свойств и сложное строение требуют очень густой сети пересечений или непрерывного прослеживания; достоверное опробование керна скважин невозможно из-за значительного избирательного истирания или других причин; изучение горно-геологических условий или технологических свойств сырья требует отбора проб очень большой массы, а по скважинам это сделать невозможно.

Использование основных технических средств разведки — скважин и горных выработок — обычно совмещается с геофизическими и геохимическими исследованиями. Затраты на эти работы небольшие. В то же время данные исследования позволяют решать многие важные задачи разведки, в том числе по выявлению, оконтуриванию и оценке рудных скоплений.

Конкретный выбор технических средств, с помощью которых создается разведочная система, зависит от многих факторов. Среди основных факторов можно выделить геологические и горнотехнические. К геологическим факторам относят связь оруденения с элементами геологического строения, размеры и устойчивость форм рудных скоплений, сложность внутреннего строения, изменчивость качества и технологических свойств сырья. Горнотехнические факторы зависят от рельефа поверхности, элементов залегания, протяженности оруденения на глубину, мощности перекрывающих рыхлых отложений, физико-механических свойств руды и вмещающих пород, гидрогеологических условий.

Горные выработки стремятся шире использовать при сложных геологических и простых горнотехнических условиях. Буровые скважины, наоборот, чаще всего проектируют при простых геологических и сложных горнотехнических условиях.

Помимо геологических и горнотехнических факторов на выбор технических средств влияют конкретные задачи проводимых работ. Комплекс решаемых задач в целом определяется действующей стадийностью геологоразведочных работ.

При предварительной разведке значительная часть разведываемых объектов после составления технико-экономического доклада получает отрицательную оценку и в детальную разведку не передается. Таким образом, при проектировании предварительной разведки всегда существует некоторая вероятность того, что вкладываемые средства не удастся возместить при эксплуатации месторождений. Это обстоятельство заставляет решать задачи предварительной разведки с минимально необходимыми затратами и выдвигает на первый план при проектировании соображения экономии. С другой стороны, конкретные задачи данной стадии обычно позволяют удовлетвориться общим характером информации и невысокой ее детальностью. По этим причинам наиболее предпочтительным средством предварительной разведки чаще всего оказывается бурение. Лишь в некоторых случаях (например, при резко расчлененном рельефе) используют и подземные горные выработки.

При детальной разведке соображения экономии уже не играют ведущей роли, так как целесообразность и первоочередность промышленного освоения месторождения определены и, следовательно, затраты на разведку будут возмещены при эксплуатации месторождения. В то же время задачи проектирования предприятия предъявляют здесь достаточно высокие требования к полноте, детальности и достоверности разведочной информации. Всякая дополнительная информация, полученная на стадии детальной разведки, как бы увеличивает ценность единицы выявляемых запасов, так как позволяет снизить предстоящие расходы на их освоение. Выбор технических средств разведки в детальную стадию диктуется прежде всего сложностью строения месторождения. В зависимости от сложности строения могут использоваться скважины, горные выработки или их сочетание.

При доразведке эксплуатируемого месторождения большое влияние на выбор технических средств оказывает тот факт, что в непосредственной близости расположено уже действующее предприятие. В этих условиях такие важные характеристики, как технологические свойства, горнотехнические и гидрогеологические условия эксплуатации, могут быть определены по аналогии по весьма ограниченному числу данных. Это позволяет применять в больших объемах различные виды буровых работ. Для проектирования работ на этой стадии характерна также возможность использования при разведке подземных горных выработок с уже имеющихся горизонтов или стволов шахт, часто проходимых с учетом системы отработки.

При эксплуатационной разведке выбор технических средств и их соотношения определяются прежде всего способом вскрытия и конструктивными особенностями системы разработки. Данные эксплуатационной разведки должны максимально уточнить контуры уже выявленных рудных скоплений, количество и качество полезного ископаемого. При открытой отработке основным техническим средством является бурение коротких скважин, а при подземном способе отработки — различные сочетания скважин и шпуров, проходимых из подземных выработок.

Темы заданий включают выбор и обоснование разведочной системы и технических средств разведки для следующих вариантов: 1 — предварительная разведка месторождения пластового типа; 2 — детальная разведка месторождения изометричной формы со штокверковым внутренним строением; 3 — доразведка эксплуатируемого месторождения с рудными образованиями трубообразной формы; 4 — эксплуатационная разведка месторождения с маломощными жильными телами.

Содержание заданий для всех вариантов одинаково, поэтому ниже приводится их общая характеристика.

**Задание.** Выбор и обоснование разведочной системы и технических средств разведки.

Исходные данные: геолого-прогнозная основа объекта на плане и разрезе с кратким геологическим описанием; данные о комплексе ранее проведенных работ; данные по мощности, содержанию и другим параметрам, полученные в процессе предыдущих работ.

Лабораторная база: стендовый материал кабинета кафедры "Методика поисков и разведки месторождений полезных ископаемых"; объемные, графические и цифровые модели месторождений; персональная ЭВМ.

Основные вопросы:

1. Для выделенного на геолого-прогнозной основе объекта проектирования по соотношению линейных размеров определить морфологический тип рудных образований.

2. Выбрать целесообразную разведочную систему, схематически изобразить ее ориентировку и показать соотношение с планом и разрезом.

3. Сформулировать цель и основные задачи проектируемой стадии разведочных работ.

4. Оценить характерные геологические и горнотехнические особенности, влияющие на выбор технических средств разведки.

5. Обосновать выбор комплекса технических средств и схематически показать их размещение на плане и в разрезе.

Отчетные документы: схема ориентировки выбранной разведочной системы и размещения основных технических средств разведки на плане и в разрезе; пояснительная записка объемом 5 – 10 страниц с выбором и обоснованием принятых проектных решений.

**Задание 1 р.** Предварительная разведка оловянно-вольфрамовой россыпи с продуктивной толщей пластового типа.

В процессе поисково-оценочных работ в долине реки вскрыта русловая аллювиальная оловянно-вольфрамовая россыпь. Продуктивная толща россыпи имеет четкий литологический контроль и приурочена к нижним и средним горизонтам аллювия. Пространственное положение россыпи на данной стадии устанавливается лишь предположительно, так как россыпь вскрывается только в четырех линиях, расположенных на значительном расстоянии друг от друга. Протяженность продуктивной толщи во много раз больше ее ширины и мощности. В разрезе толща оловянно-вольфрамовых песков имеет уплощенную форму и характеризуется соотношением мощности к ширине примерно 1 : 4. Геолого-прогнозная основа по данным поисково-оценочных работ приведена на рис. 47.

Для установленного морфологического типа – пластовая продуктивная толща – при проектировании предварительной разведки наиболее целесообразна разведочная система в виде серии вертикальных разрезов. Разрезы ориентируют поперек россыпи на всей ее протяженности. Вследствие небольшой извилистости продуктивной толщи в плане разрезы почти параллельны.

Вертикальные разведочные разрезы могут быть образованы различными техническими средствами. В данном случае цель проектируемой предварительной разведки – оценка россыпи в целом и суждение на этой основе о ее промышленной значимости и очередности освоения. Возможность отбраковки месторождения после предварительной разведки определяет выбор таких наиболее дешевых технических средств,

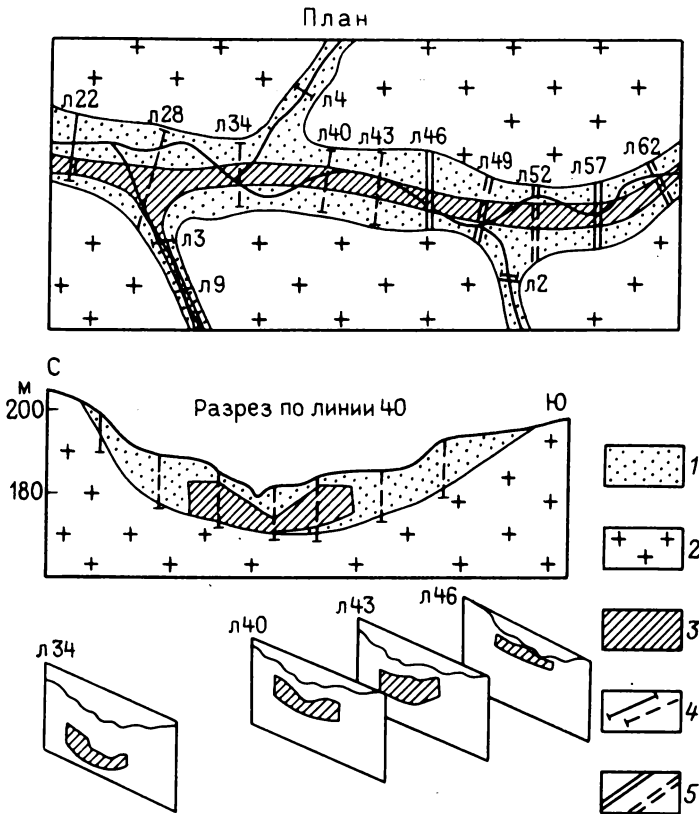


Рис. 47. Схемы предварительной разведки оловянно-вольфрамовой россыпи и разведочной системы в виде вертикальных разрезов:

1 – аллювиальные отложения; 2 – коренные породы; 3 – предполагаемая продуктивная толща; 4 – разведочные линии скважин (пройденные и проектные); 5 – траншеи (пройденные и проектные)

как скважины, поверхностные горные выработки и геофизические исследования.

На конкретное размещение этих технических средств разведки влияют несколько факторов. Восточная часть россыпи (от линии 46 и вверх по течению) в целом характеризуется неглубоким залеганием толщи (от 2 до 6 м), но относительно сложным строением и невыдержанным распределением касситерита и вольфрамита. В этой части россыпи для создания разведочных разрезов целесообразно размещать траншеи, проходимые с помощью бульдозеров. Западная часть россыпи (вниз по течению), наоборот, имеет более глубокое залегание продуктивной толщи (до 40 м), но и более простое строение и выдержанное распределение

полезных минералов. Это позволяет создавать вертикальные разведочные разрезы с помощью ударно-канатного бурения.

Выбранные технические средства (траншеи и скважины) целесообразно дополнить геофизическими исследованиями для определения мощности рыхлых отложений, их расчленения на отдельные горизонты и выяснения рельефа плотика. Эти задачи могут решаться с использованием методов электроразведки (ВЭЗ и СЭП), высокоточной гравиразведки и различных видов каротажа (ГК, МСК, кавернометрия).

**Задание 2 р.** Детальная разведка молибденового месторождения с изометричной формой продуктивной залежи.

Изучаемое месторождение относится к собственно молибденовому со штокверковым внутренним строением промышленному типу. В процессе предварительной разведки было установлено, что оруденение концентрируется в пределах компактной, относительно простой по форме изометричной залежи. Штокверк частично выходит на поверхность на крутом склоне гранитного массива. Контур залежи достаточно уверенно выделяется по данным бурения, изучения пройденного ранее горизонта штольни и поверхности.

Пространственное положение залежи определяется зоной мелкой трещиноватости на участке пересечения двух основных рудоконтролирующих нарушений. Вмещающие граниты подверглись интенсивной калишпатизации. По горизонтали штольни I установлены два основных типа руд (прожилковый и прожилково-вкрапленный), среди которых выделяются окисленные и первичные руды. Внутреннее строение залежи по отдельным пересечениям не устанавливается, так как залежь имеет крайне прерывистый характер. Промышленное оруденение закономерно чередуется с участками пустых пород и некондиционных руд. Геолого-прогнозная основа площади приведена на рис. 48.

При изометричной форме залежи и изотропном внутреннем строении на стадии детальной разведки наиболее оптимальной разведочной системой является комбинированная система. Эти система состоит из расположенных примерно на равном расстоянии друг от друга вертикальных и горизонтальных разрезов. В результате использования комбинированной системы весь объем залежи будет равномерно разведан в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

При проектировании детальной разведки, цель которой — получение всех необходимых данных для промышленной оценки месторождений, в условиях благоприятного рельефа горизонтальные разрезы наиболее экономично получать с помощью проходки горизонта штолен и бурения подземных скважин. Выбору горных выработок в данном случае также способствуют следующие условия: необходимость отбора валовых технологических проб массой от 10 до 100 т; сложность внутреннего строения; высокая изменчивость содержания молибдена; склонность молибденовых минералов к избирательному истиранию и выкрашиванию. Вертикальные разрезы создаются путем бурения скважин (в том числе и картировочных), канав и горных выработок, включая восстающие.

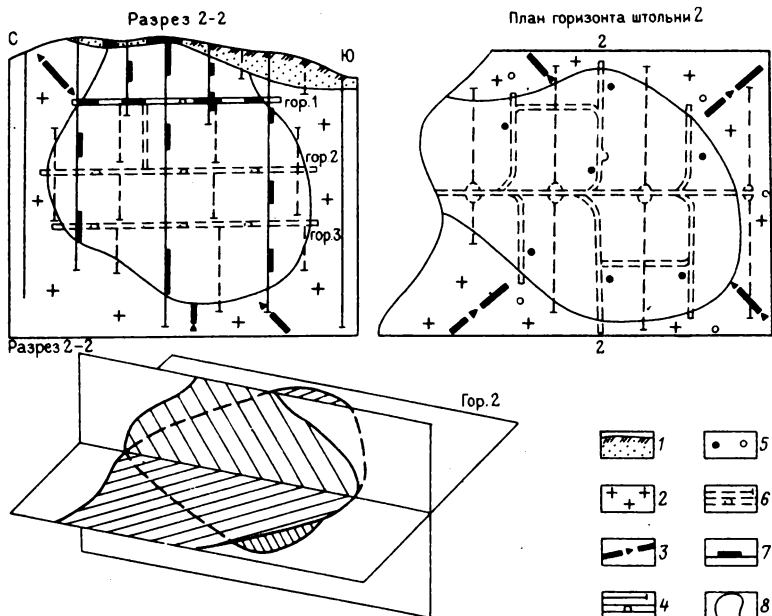


Рис. 48. Схемы детальной разведки молибденового месторождения с продуктивной залежью изометричной формы и комбинированной разведочной системы в виде горизонтальных и вертикальных разрезов:

1 – рыхлые отложения; 2 – граниты; 3 – основные зоны тектонических нарушений; 4 – пройденные скважины и горные выработки; 5 – рудные и безрудные скважины на горизонте штольни; 6 – проектируемые скважины и горные выработки; 7 – интервалы с кондиционным оруденением; 8 – контур продуктивной залежи

В комплекс технических средств детальной разведки также целесообразно включать геофизические и геохимические исследования. На поверхности, в участках, перекрытых мощным чехлом рыхлых отложений, для выявления новых перспективных залежей проектируются следующие методы: метод вызванной поляризации, электропрофилирование, пьезоэлектрический метод. Для оценки качества молибденовых руд будут использованы рентгенорадиометрический каротаж и опробование. По данным геохимических исследований, в скважинах и горных выработках будут решаться вопросы, связанные с зональностью первичных ореолов рассеяния и определением величины эрозионного среза.

**Задание 3 р.** Доразведка эксплуатируемого месторождения полиметаллических руд с трубообразной формой продуктивных залежей.

Эксплуатируемое месторождение относится к промышленному типу свинцово-цинковых руд, связанных с карбонатными комплексами. Продуктивные залежи месторождения имеют трубообразную форму и характеризуются значительными размерами по падению в сравнении с

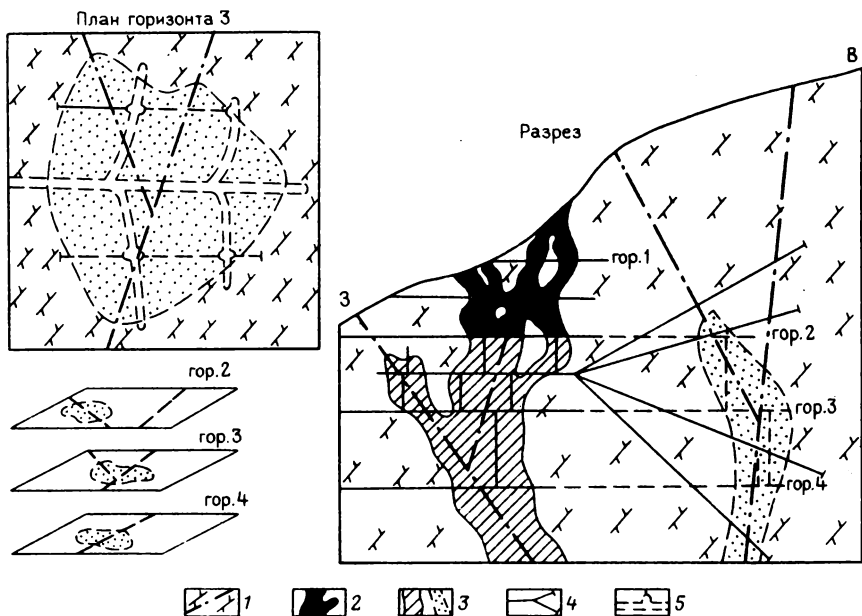


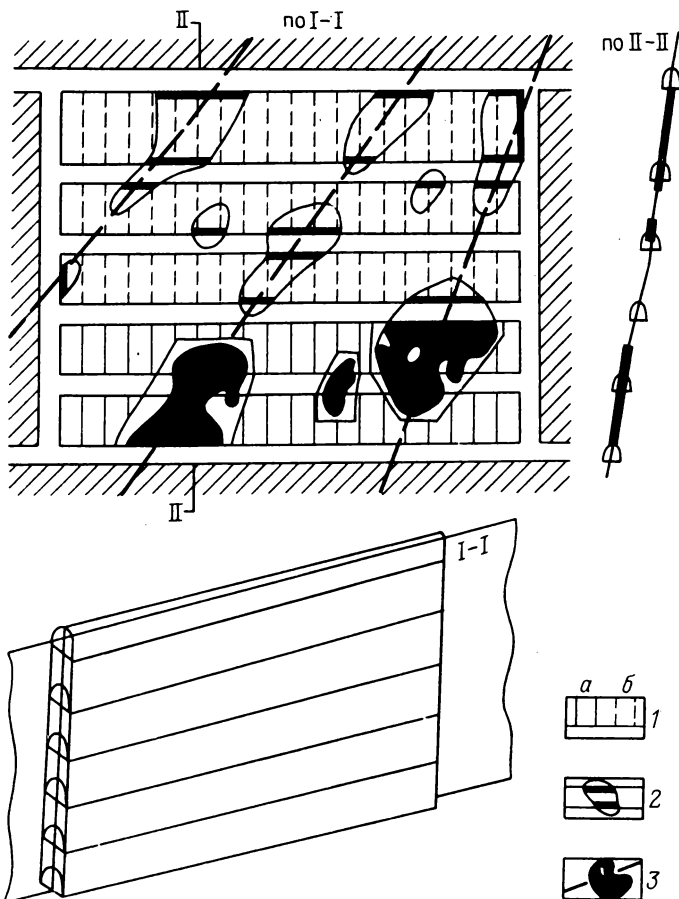
Рис. 49. Схемы доразведки эксплуатируемого полиметаллического месторождения с рудными залежами трубообразной формы и разведочной системы в виде горизонтальных разрезов:

1 – карбонатные породы и тектонические нарушения; 2 – контур отработанных рудных залежей; 3 – рудные залежи (установленные и предполагаемые); 4, 5 – горные выработки: 4 – пройденные, 5 – проектные

размерами в плане. Склонение залежей неустойчивое, внутреннее строение сложное, но руды имеют высокое качество. Оруденение контролируется состоянием структурно-литологических факторов, которые выражаются в приуроченности рудных скоплений к осложненным участкам тектонических нарушений в благоприятных породах, представленных известняками и мраморами. Особенности залегания залежей уверенно устанавливаются только по результатам густой сети пересечений скважин и горных выработок.

В процессе профильных геофизических и геохимических исследований на поверхности и поискового бурения подземных скважин на фланге месторождения была обнаружена слепая трубообразная залежь, контуры которой устанавливаются лишь предположительно. Геолого-прогнозная основа площади приведена на рис. 49.

Для данного морфологического типа продуктивной залежи наиболее целесообразна и разведочная система в виде серии параллельных горизонтальных разрезов. Положение этих разрезов по высоте совпадает с положением основных горизонтов эксплуатируемой части месторождения. Выбранная система позволяет с минимальными затратами оце-



**Рис. 50.** Вариант системы обработки тонкой жилы подэтажными штреками с каротажом шпуров и схема: разведочной системы с разрезом в плоскости падения: 1 — шпуры (а — пройденные, б — проектируемые); 2 — интервалы с кондиционным оруденением и контуры предполагаемых рудных скоплений; 3 — отработанные площади рудных скоплений и оперяющие тектонические нарушения

нить особенности строения залежи по направлению максимальной изменчивости свойств (в горизонтальной плоскости).

В соответствии с целевым назначением доразведки, связанным с расширением сырьевой базы уже действующего предприятия, достаточно близким расположением к эксплуатационным горизонтам и сложностью внутреннего строения продуктивной залежи, горизонтальные разрезы целесообразно создавать с помощью комбинации горных выработок и подземных скважин. Проектируемая разведочная сеть имеет две группы

взаимно перпендикулярных пересечений. Это связано с тем, что на горизонте продуктивная залежь в целом имеет изометричную форму.

Для прослеживания непрерывности оруденения по падению проектируются проходка восстающих и проведение подземных электроразведочных работ (метод радиоволнового просвечивания и метод заряда). Эти геофизические методы целесообразно дополнить электрокаротажем скважин рентгенорадиометрическим методом для выявления и оценки качества рудных интервалов, не охарактеризованных по данным рядового опробования. В комплекс проектируемых работ должны быть также включены геохимические исследования в скважинах и горных выработках. Результаты этих исследований позволяют оценить зональность эндогенных ореолов и перспективы оруденения на глубину.

**Задание 4 р.** Эксплуатационная разведка месторождения с маломощными жильными телами.

Эксплуатируемое месторождение принадлежит к пятиметалльной рудной формации и представлено серией протяженных по простиранию и падению тонких жил. Ведущий рудоконтролирующий фактор — структурный. По данным детальной разведки уверенно установлено лишь пространственное положение отдельных рудных тел — жил. Особенности внутреннего строения жил лишь предполагаются, так как могут быть определены только после эксплуатационной разведки. Геолого-прогнозная основа площади приведена на рис. 50.

Малая мощность рудных жил (20 — 50 см) и крутое падение (80 — 90°) определяют наиболее целесообразную разведочную систему с разрезом в плоскости падения. В этом случае жила целиком вписывается в разрез, состоящий из комбинации горизонтальных и вертикальных горных выработок.

Жильные тела обрабатывают системой поэтажных штреков с селективной выемкой высококачественных рудных скоплений. В процессе эксплуатационной разведки, имеющей целью максимальное уточнение всех особенностей внутреннего строения жил, из горных выработок бурятся оконтуривающие шпуров.

Выбор этого технического средства определяется тем, что в условиях небольших по площадным размерам рудных линз и гнезд при эксплуатационной разведке необходима предельно густая сеть пересечений. При выбранной системе обработки такая сеть с минимальными затратами времени и средств может быть создана только с помощью оконтуривающих шпуров. В дальнейшем по данным каротажа шпуров устанавливается точное пространственное положение рудных скоплений и производится их селективная обработка. Геофизические работы дополняются минералого-геохимическими исследованиями в основном в горных выработках. Они проводятся для детального изучения особенностей процесса рудообразования и суждения на этой основе о перспективах глубоких горизонтов месторождения.

## АНАЛИЗ ПЛОТНОСТИ РАЗВЕДОЧНОЙ СЕТИ

Разведочная сеть определяет разведанность запасов, в связи с чем выбор ее оптимальных параметров — одна из наиболее важных задач разведки. При ее решении необходимо не только оценить размеры разведочной ячейки и ее площадь, которые собственно определяют плотность сети, но и пространственную ориентировку разведочных профилей.

Количественный анализ плотности разведочной сети базируется на показателях или критериях разведанности, от величины которых зависит категоризация запасов. В качестве таких показателей чаще всего используют точность вывода средних значений геологоразведочных параметров и подсчета запасов, а также величину ошибки геометризации запасов. Эти показатели следует рассматривать как взаимно дополняющие.

Обоснование плотности разведочной сети проводится различными методами в зависимости от характера исходных данных, свойств объекта и критериев, положенных в основу оценки степени разведанности запасов. В числе таких основных методов рассматриваются аналитический метод и метод разрежения.

Аналитический метод основан на использовании теоретической взаимозависимости между характеристиками разведочной сети, показателями свойств объектов. Часто рассматриваются коэффициент вариации, контурный модуль, коэффициент абсолютного рассеяния, средний размер рудных образований по разным направлениям и др. Знание таких показателей позволяет типизировать объекты и полнее использовать аналогию между ними.

Аналитический метод обоснования применяется, как правило, на ранних стадиях изучения месторождения, когда получены выборочные значения содержаний полезного компонента, известны мощности рудных тел и их продуктивности по разведочным пересечениям. Предполагается, что эти данные являются представительными для остальной, слабоизученной части месторождения.

Параметры разведочной сети рассчитываются по числу разведочных пересечений, необходимых для оценки среднего значения признака и величины запасов с заданной точностью. Расчеты проводят с использованием формул математической статистики:

$$N = \left( \frac{t_{\alpha} k V}{P} \right)^2, \quad (1)$$

где  $N$  — необходимое число разведочных пересечений;  $t_{\alpha}, k$  — значение коэффициента Стьюдента для заданной доверительной вероятности  $\alpha$  и числа степеней свободы  $k$ ,  $V$  — коэффициент вариации признака;  $P$  — заданная величина ошибки в оценке среднего.

Коэффициент вариации характеризует степень изменчивости признака и вычисляется с учетом статистического распределения эмпирических

данных. При нормальном распределении его величина вычисляется как:  $V = S/\bar{x} \cdot 100\%$ , где  $S$  – стандартное отклонение значений признака;  $\bar{x}$  – среднее значение признака по выборке.

При логнормальном распределении его значение вычисляется по формуле:

$$V = \sqrt{e S^2 e n} \cdot 1 \cdot 100\%,$$

где  $S^2 e n$  – дисперсия натуральных логарифмов значений признака.

Соответствие распределения эмпирических данных теоретическому (нормальному или логнормальному) проверяется с помощью метода моментов, критерия  $\kappa^2$  или графического метода.

Анализ плотности разведочной сети проводится по наиболее изменчивому геологоразведочному признаку (мощности, содержанию или метропроценту), отличающемуся наиболее высоким значением коэффициента вариации.

При особенностях геологического строения и изменчивости свойств оруденения месторождение необходимо отнести к одной из групп классификации ГКЗ СССР. В соответствии с этим определяют категории разведываемых запасов и их соотношение для данной стадии геологоразведочных работ.

Точность оценки запасов разных категорий может быть принята одинаковой (10 – 20%). При этом вычисленное необходимое количество пересечений должно относиться к разным объемам недр (в соответствии с размерами участков, разведываемых по определенной категории). Величина достоверной вероятности может быть принята на уровне 70 – 95%; число степеней свободы определяется итерациями – сначала оно принимается равным  $\infty$  а затем корректируется в соответствии с вычисленным количеством пересечений как  $K = N - 1$ ; величина  $N$  также затем корректируется по новому значению  $t_{\alpha, k}$ .

Размеры разведочной ячейки определяются через площадь рудного тела, приходящуюся на одно разведочное пересечение:

$$S_{\text{яч}} = S_{\text{рт}}/N,$$

где  $S_{\text{рт}}$  – предполагаемая площадь рудных тел на исследуемом участке.

Геометрия разведочной сети определяется размерами разведочной ячейки по падению и простиранию и пространственной ориентировкой разведочных сечений. На выбор этих характеристик влияет величина коэффициента анизотропии. Коэффициент анизотропии формы залежи может быть определен как отношение ее средних размеров по падению и простиранию. Коэффициент анизотропии других свойств (содержаний, мощностей, продуктивности) определяют по данным изучения участка детализации как отношение средних расстояний между изолиниями признака по падению и простиранию. Параметры разведочной сети с учетом анизотропии свойств объекта рассчитывают следующим образом:

$$a = \sqrt{S_{\text{яч}}/\lambda}; \quad b = a \cdot \kappa,$$

где  $a$  — расстояние между разведочными пересечениями по профилю (по падению);  $b$  — расстояние между разведочными пересечениями по простиранию;  $\lambda$  — коэффициент анизотропии признака.

Параметры разведочной сети определяют для каждой категории запасов и увязывают между собой с учетом возможности кратного сгущения или разрежения сети. Положение проектных разведочных выработок отмечают на графике.

Метод разрежения сети направлен на экспериментальное выявление взаимозависимости между критерием разведанности и параметрами разведочной сети; его результаты не зависят от эффективности той или иной принятой математической модели изучаемого объекта. При таком подходе полученные выводы могут быть распространены только на данный объект. Использование выводов для других объектов осложняется отсутствием характеристик, по которым могла бы осуществляться их типизация.

Метод разрежения применяется для анализа плотности разведочной сети при наличии участка детализации в пределах изучаемого объекта или объекта-аналога. Участками детализации могут служить горизонты горных работ, детализационные разрезы, результаты опробования очистных блоков или уступов карьера и т.д. Оценки средних значений геолого-разведочных параметров и величины запасов на этих детально изученных участках, а также установленная форма и площадь рудных тел принимаются за "истинные". С этими "истинными" характеристиками сопоставляют оценки, полученные по вариантам изучения этого же участка более редкой сетью разведочных пересечений. Сопоставление данных при единичном варианте наложения редкой разведочной сети используют в методах сравнения данных разведки с результатами эксплуатационной разведки, а также при выборочном сгущении разведочной сети. Данные методы следует рассматривать как частные, менее надежные случаи использования метода разрежения.

Метод разрежения сети целесообразно применять на стадии детальной разведки, а также при проведении доразведки месторождения. В качестве критерия разведанности тел с относительно простой морфологией и сложным распределением полезного компонента используют величины погрешности в оценке средних значений параметров и запасов, вычисленные в результате эксперимента. Для тел сложной морфологии в качестве критерия разведанности запасов используют величину ошибки геометризации, характеризующей погрешности в определении пространственного положения границ рудных тел или отдельных сортов и типов руд.

Ошибки в оценке средних значений параметров или величины площади и запасов для каждого варианта наложения сети данной геометрии определяются как

$$\delta_1(a, b) = \frac{|\bar{X} - X_{\text{и}}|}{X_{\text{и}}} \cdot 100 \%,$$

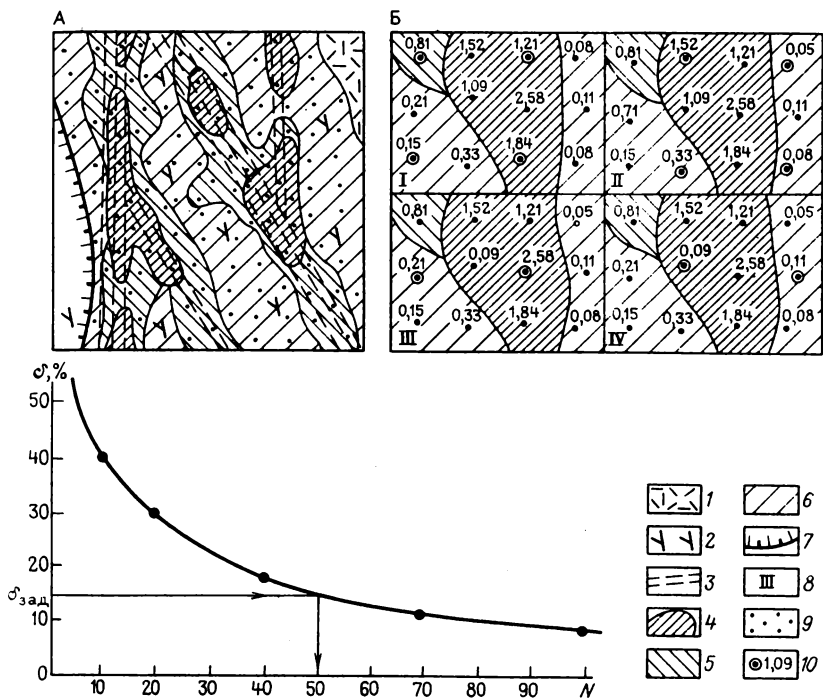


Рис. 51. Схема расположения буровзрывных скважин (А) и варианты наложения (фрагменты) разреженной сети (Б) на горизонте штоковеркового месторождения: 1 – липариты; 2 – монцитониты; 3 – зоны интенсивной трещиноватости; 4 – 6 – участки с разным качеством руд: 4 – богатые, 5 – рядовые, 6 – бедные; 7 – уступ карьера; 8 – номер варианта наложения разреженной сети; 9 – буровзрывные скважины; 10 – данные для расчета среднего содержания в каждом варианте. По графику изменения ошибки в оценке среднего в зависимости от числа разведочных пересечений можно определить необходимое число пересечений  $N$  по заданной величине ошибки  $\delta_{зад}$

где  $X_n$  – истинное значение оцениваемого параметра,  $\bar{X}$  – значение параметра, полученное по варианту наложения сети с размерами ячейки  $a$  и  $b$ .

При разрежении сети увеличивается число вариантов ее наложения и уменьшается количество разведочных пересечений для каждого из них. По всем вариантам наложения сети данной геометрии, примеры которых приведены на рис. 51, вычисляется средняя погрешность оценки параметра

$$\bar{\delta}(a, b) = \frac{m}{\sum_{i=1}^m} \delta_i(a, b) / m,$$

где  $m$  – число вариантов наложения разреженной сети.

Изменение средней погрешности в зависимости от числа разведочных пересечений отображается графически (см. рис. 51).

Расчет плотности сети проводится через необходимое число разведочных пересечений при заданной величине погрешности в оценке параметра аналогично расчету аналитического метода. Следует иметь в виду, что средняя погрешность соответствует величине ошибки, определенной для  $t_a$ , ( $k$  равно 0,8).

Выбор параметров сети с помощью ошибки геометризации также осуществляется методом разрежения. Ошибка геометризации количественно характеризует степень совпадения "истинных" контуров рудного тела и контуров, определенных по разреженной сети. В тех случаях, когда исследуется совпадение контуров на разрезах, величина ошибки геометризации определяется как

$$\Delta_i(a) = (\Sigma S_{p.з} + \Sigma S_{п.в} / 2S_{ист}),$$

где  $a$  — шаг сети по профилю;  $\Sigma S_{p.з}$  — площадь рудного тела, за пределами разведочного контура;  $\Sigma S_{п.в}$  — площади участков пустых пород и некондиционных руд в контуре рудного тела;  $S_{ист}$  — истинная площадь рудного тела на разрезе.

Для сети определенной плотности исследуется 4 — 6 вариантов наложения, в каждом из которых разведочные пересечения смещаются относительно их положения в предыдущем варианте на 1,4 — 1,6 шага. Для каждого варианта на прозрачной основе (кальке, пленке и др.) в масштабе размечают разведочные пересечения. Прозрачную основу накладывают на графику, отображающую истинную форму рудных тел, и отмечают рудные интервалы по разведочным пересечениям. Увязка рудных интервалов производится после снятия основы с графики. Разведочные контуры проводят в соответствии с правилами оконтуривания прямыми плавно изгибающимися линиями независимо от положения истинных границ оруденения, но с учетом представлений исследователя о их контроле геологическими факторами. Положение рудоконтролирующих элементов также может быть отмечено и прослежено по разведочным пересечениям.

Разведочные контуры совмещают с истинными и с помощью палетки оцениваются площади  $S_{p.з}$ ,  $S_{п.в}$  и  $S_{ист}$  (рис. 52). Ошибка геометризации для определенного шага сети вычисляется как среднее из ее определений по вариантам:

$$\bar{\Delta}(a) = \frac{\sum_{i=1}^m \Delta_i(a)}{m},$$

где  $m$  — число вариантов.

График изменения ошибок геометризации в зависимости от шага сети (см. рис. 52) строится по 5 — 8 точкам, последняя из которых соответствует шагу, сопоставимому с протяженностью отдельных рудных залежей.

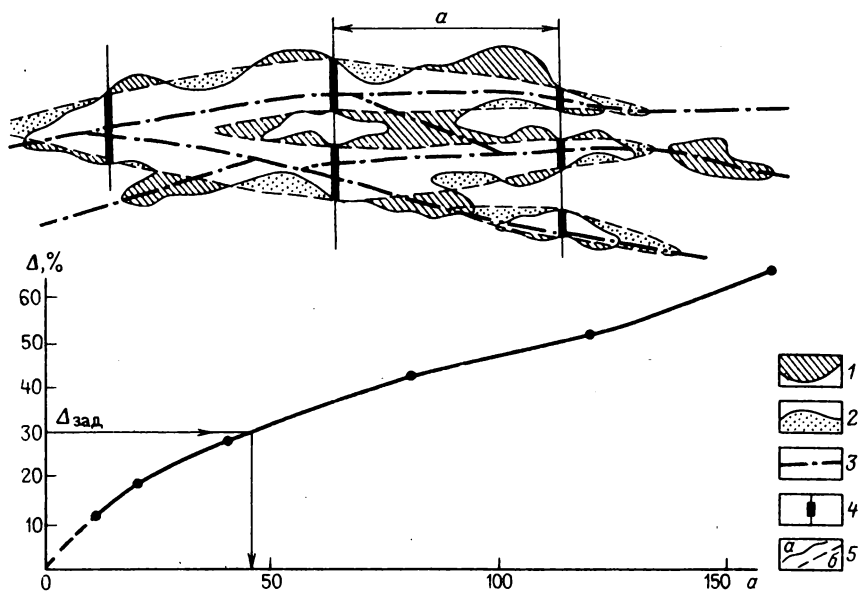


Рис. 52. Определение ошибки геометризации:

1 – площадь рудного тела за пределами разведочного контура; 2 – площадь пустых пород в пределах разведочного контура; 3 – разрывные нарушения; 4 – разведочное пересечение с рудным интервалом; 5 – контуры рудного тела ( $a$  – истинный,  $b$  – разведочный).

По графику изменения ошибки геометризации в зависимости от шага сети можно определить шаг сети  $a$  по заданной величине ошибки  $\Delta_{зад}$

Для разведки запасов рудных залежей, аналогичных по морфологии ”эталону”, принимается сеть, обеспечивающая ошибку геометризации 30 – 50 % для категории  $C_1$  и 15 – 30 % для категории В.

Разрезание следует проводить по взаимно перпендикулярным сечениям, что позволяет установить параметры сети по падению и простиранию залежей.

Пластообразные и жилоподобные залежи, для которых отклонения контуров по мощности невелики, изучают в проекциях на вертикальную или горизонтальную плоскость. В этом случае аналогичным образом оценивают расхождения контуров одновременно по ширине и длине (рис. 53), а предельные значения ошибок геометризации должны составлять 30 % для категории  $C_1$  и 15 % для категории В. Для определения оптимальной формы разведочной ячейки могут быть проведены исследования по оценке влияния на ошибку геометризации удлинения сети при ее постоянной плотности. Результаты исследований также отображаются графически.

Для закрепления знаний и навыков исследований по данной тематике предлагаются следующие задания.

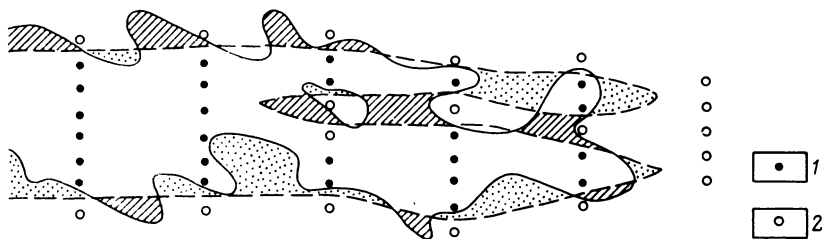


Рис. 53. Определение ошибки геометризации на проекции залежи:

1, 2 – разведочные пересечения: 1 – рудные, 2 – безрудные; остальные условные обозначения см. на рис. 52

1. Обоснование разведочной сети аналитическим методом через оценку точности подсчета запасов (вывод средних значений геологоразведочных параметров).

2. Обоснование разведочной сети методом разрежения с определением ошибок в оценке запасов и средних значений геологоразведочных параметров.

3. Обоснование разведочной сети методом разрежения с оценкой ошибок геометризации в разведочных сечениях.

4. Обоснование разведочной сети методом разрежения с оценкой ошибок геометризации на проекциях.

Задания 1 и 2 могут выполняться по вариантам, различающимся видом полезного ископаемого, промышленным типом объекта, характером исходных данных, а также степенью изменчивости значений анализируемого признака.

Для выполнения заданий 3 и 4 также могут быть предусмотрены варианты, различающиеся морфологией рудных залежей, их размерами и сложностью внутреннего строения. Все предлагаемые задания и их варианты направлены на решение единой задачи, в связи с чем в отдельных случаях могут рассматриваться на основе общих исходных данных с использованием общих методических указаний и положений.

Исходные материалы (задание 1): выборочные характеристики содержаний полезного ископаемого, полученные по разведочным пересечениям в процессе поисково-оценочных работ или предварительной разведки. Эти сведения дополняются информацией о геологической позиции оруденения, что позволяет оценить представительность исходных данных и установить возможные размеры разведываемых объектов. Объем выборки не менее 30 значений. Каждому исполнителю выдаются данные по одному из объектов в графическом и табличном виде.

Исходные материалы (задание 2): результаты изучения на стадии детальной разведки участков детализации, а также результаты сопровождающей эксплуатационной разведки; данные опробования бурозрывных скважин при открытой отработке или данные опробова-

ния очистных забоев и лент при подземной отработке. Точки опробования в представляемых данных должны располагаться по сети, параметры которой сопоставимы с объемами селекции, что обеспечивает относительно низкий уровень "ошибки эталона". Для объектов разных типов достаточные параметры этой сети обычно составляют 2 – 10 м по падению и простиранию. Размеры исследуемых участков должны обеспечивать разрежение сети до параметров, рекомендуемых в Инструкциях по применению классификации запасов для разведки запасов категории С<sub>1</sub> на месторождениях данного вида полезного ископаемого. Объем исходных данных при этом не менее 100 значений.

Исходные материалы (задания 3 и 4): графические документы, характеризующие "истинную" форму рудных залежей на разрезах или проекциях. Положение разведочных пересечений, по которым эта форма была установлена, указывать необязательно. На графиках отражается также положение геологических элементов, контролирующих оруденение, которые позволяют выбирать варианты увязки рудных интервалов в рудные тела по разреженной сети. Предполагается, что морфология оруденения выявлена в процессе проведения детальной разведки на участках детализации или при проведении эксплуатационных работ на месторождении. В первом случае результаты проведенных исследований используют для обоснования правильности выбора разведочной сети и проведенной категоризации и блокировки запасов; во втором случае эти данные используют для обоснования геометрии разведочной сети при изучении флангов и глубоких горизонтов или аналогичных залежей на новых объектах.

Представляемые в качестве исходных данных графические документы должны также обеспечивать достаточную степень разрежения по соответствующим направлениям.

Каждое из заданий требует около двух часов лабораторных занятий и двух часов самостоятельной работы.

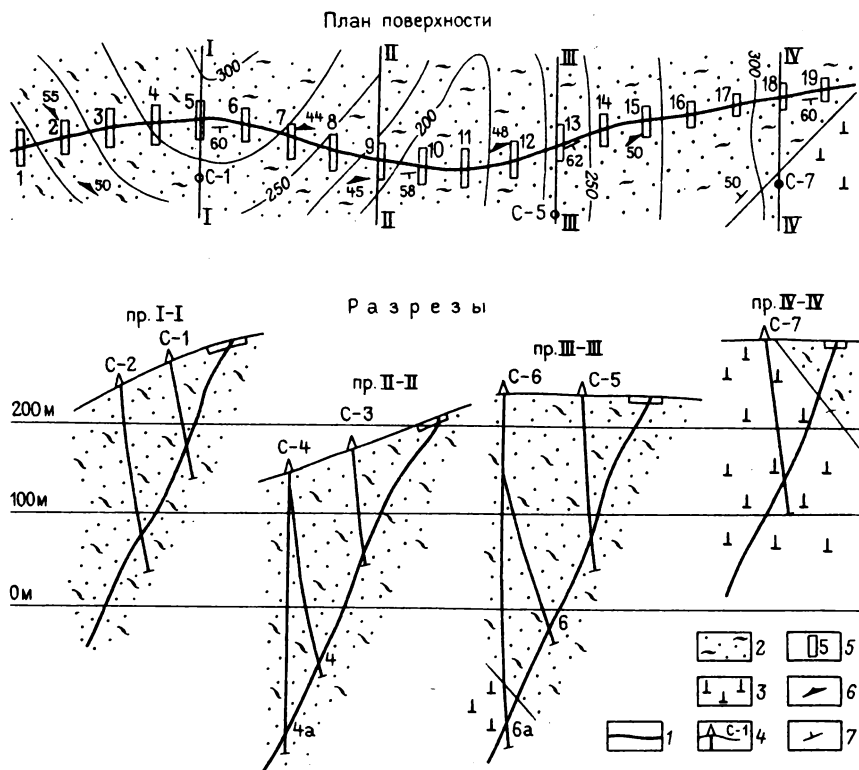
Лабораторная база: графические и объемные модели месторождений или их частей с геологической информацией и данными опробования. На основе этих моделей по объектам различных видов полезных ископаемых и разных промышленных типов может быть создан банк данных, хранение и использование которого возможно с помощью мини-ЭВМ типа СМ-4, СМ-1420 и др. Обращение к ЭВМ для выдачи заданий следует организовать в диалоговом режиме. Выполнение расчетов с использованием относительно простых программ можно проводить на микрокалькуляторах типа МК-54 или персональных компьютерах типа БК-0010, ДВК-2М, "Искра" и т.д.

Для выполнения работы требуется:

1. Выбрать метод обоснования сети с учетом характера исходных данных и стадии геологазведочных работ.

2. Провести необходимые исследования по определению параметров разведочной сети для разведки запасов разных категорий.

3. Откорректировать параметры разведочных сетей для каждой из категорий запасов с учетом возможности кратного сгущения разве-



**Рис. 54.** План и разрезы для обоснования плотности разведочной сети аналитическим методом:

1 — сульфидно-кварцевая жила с вольфрамитом; 2 — песчаники и сланцы; 3 — дацитовые порфириты; 4 — скважины; 5 — разведочные каналы; 6, 7 — элементы залегания: 6 — слоистости, 7 — разрывных нарушений

дочных пересечений; отобразить их положение на проектом графике.

Отчетные документы: графики и таблицы, отображающие результаты расчетов или распечатки с ЭВМ с краткими текстовыми пояснениями, проектные планы, разрезы и проекции, характеризующие расположение разведочных пересечений по выбранной сети.

**Пример выполнения задания.** Обоснование разведочной сети рассматривается на примере исходных данных, представленных на рис. 54. Предполагается, что на объекте проведены поисково-оценочные работы и проектируется предварительная разведка. По совокупности геологических и разведочных данных, характеризующих степень изменчивости свойств оруденения, месторождение относится к III группе классификации ГКЗ СССР. В соответствии с существующими требованиями на стадии предварительной разведки на месторождении должны быть получены запасы категорий  $C_1$  и  $C_2$ .

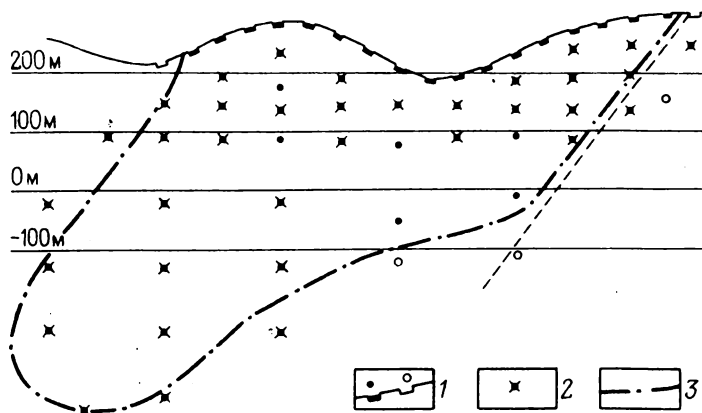


Рис. 55. Схема расположения разведочных пересечений:

1 – пройденные разведочные каналы и скважины; 2 – проектные скважины; 3 – предполагаемый контур распространения оруденения

Одна из важнейших задач предварительной разведки – оценка общих запасов и среднего качества минерального сырья. В связи с этим в качестве критерия разведанности запасов месторождения принимается точность подсчета запасов.

По данным опробования разведочных пересечений рассчитывают значения коэффициентов вариации, которые соответственно составляют: для содержаний – 77%, для мощности – 46%, для метропроцента – 90%. Таким образом, изменчивость продуктивности в наибольшей степени будет влиять на точность подсчета запасов и коэффициент вариации этого признака кладется в основу расчета параметров разведочной сети.

Значение критерия Стьюдента принимаем равным 1, что приблизительно соответствует доверительной вероятности 70%. Величина ошибки в оценке продуктивности принимается равной 20%.

По прогнозным оценкам общая площадь жилы, в пределах которой возможно распространение оруденения, составляет около 350 тыс. м<sup>2</sup>, из которой по категории С<sub>1</sub> должно быть разведано около 30 – 40%, что составляет 120 тыс. м<sup>2</sup>. Таким образом, площадь разведочной ячейки будет равна:  $S_{\text{яч}} = 120 : 20 = 6 \text{ тыс. м}^2$ .

В связи с отсутствием других показателей удлинение сети определяется по соотношению установленных размеров рудной части жилы по падению и простиранию:  $\lambda = 800 : 500 = 1,45$ . Отсюда расстояние между разведочными пересечениями на профиле должно составить:  $a = \sqrt{S_{\text{яч}}} / \lambda = \sqrt{6000} : 1,45 = 65 \text{ м}$ , а расстояние между разведочными профилями будет равно:  $B = a \lambda = 65 \times 1,45 = 95 \text{ м}$ . С учетом уже имеющихся разведочных пересечений и возможности их дальнейшего сгущения

ния параметры разведочной сети для разведки запасов категории  $C_1$  следует принять 100 x 60 м.

Для запасов категории  $C_2$  определенные требования к точности подсчета не предъявляются. Для разведки запасов этой категории обычно принимается сеть, вдвое более редкая по падению и простиранию, чем для запасов категории  $C_1$ .

Вариант размещения разведочных пересечений, учитывающий расположение ранее пройденных выработок и скважин, представлен на рис. 55.

## Глава 11

### Выделение рудных интервалов с использованием кондиционных показателей

Для выделения интервалов балансовых и забалансовых руд по разведочным пересечениям используют кондиционные показатели:

1) бортовое содержание для балансовых (забалансовых) руд; 2) минимальная рабочая мощность и минимальный метропроцент (метрограмм); 3) максимальная мощность пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур балансовых (забалансовых) запасов.

Дополнительно могут использоваться другие показатели, в том числе минимальное содержание на разведочное пересечение, которое, как правило, используют при четко выраженной зональности оруденения. При оконтуривании балансовых руд комплексных месторождений выделение рудных интервалов производится по содержанию условного компонента, которое в каждой пробе рассчитывается с использованием пересчетных коэффициентов:

$$C_{\text{усл.о}} = C_0 + K_1 C_1 + K_2 C_2 + \dots + K_n C_n,$$

где  $C_{\text{усл.о}}$  — условное содержание основного компонента;  $C_1, C_2, \dots, C_n$  — содержания компонентов в комплексной руде;  $K_1, K_2, \dots, K_n$  — пересчетные коэффициенты для перевода содержаний компонентов в содержание основного.

Выделение рудных интервалов начинается с предварительного объединения в группы сопряженных проб с содержанием полезного компонента (в том числе и условного) выше установленного бортового лимита. Для таких групп проб вычисляются суммарная длина и суммарный метропроцент; при этом длины проб пересчитывают на истинные с учетом угла "встречи" оси разведочного пересечения с плоскостью рудного тела:  $l = l^1 \cdot \sin \beta$ , где  $l$  — истинная длина пробы;  $l^1$  — длина пробы по пересечению;  $\beta$  — угол встречи. Интервал с максимальным значением метропроцента выбирают в качестве основного.

Данные опробования разведочных пересечений  
(профиль V, выработка С-3)

Номера проб	Интервал		Длина, м	Содержание полезных компонентов, %				
	От	До		Cu	Pb	Zn	Zn (усл.)	1 x Zn (усл.)
1421	31,10	31,35	0,25	0,09	0,17	0,55	0,75	0,19
1422	31,35	31,95	0,60	0,60	4,80	10,60	17,14	10,28
1423	31,95	32,45	0,50	1,27	3,31	9,31	14,98	7,49
1424	32,45	34,60	2,15	0,03	0,05	0,20	0,20	0,43
1425	34,60	35,05	0,45	0,04	0,01	0,010	0,10	0,04
1426	35,05	35,30	0,25	0,24	0,33	0,65	1,36	0,34
1427	35,30	35,50	0,20	1,92	1,64	2,64	7,11	1,42
1428	35,50	36,00	0,50	0,17	0,70	1,75	2,81	1,40
1429	36,00	36,35	0,35	0,20	1,07	2,50	4,04	1,41

Для интервалов, отстоящих друг от друга на расстоянии, меньшем, чем максимальная мощность пустого прослая ( $m_{п.п}$ ), проверяется возможность объединения в один интервал. При объединении интервалы с меньшим метропроцентом всегда присоединяют к основному, а не наоборот. Присоединение возможно, если содержание в присоединяемой части, состоящей из рудного интервала и пустого прослая, превышает бортовое содержание. Содержание рассчитывается как взвешенное:  $\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n l_i C_i}{\sum_{i=1}^n l_i}$ , где  $l_i$  — длина пробы;  $C_i$  — содержание полезного компонента в пробе.

При наличии нескольких присоединяемых интервалов операция присоединения производится последовательно. Необходимо следить за тем, чтобы в выделенный рудный интервал не вошли участки, протяженность которых больше установленного предела  $m_{п.п}$  с содержанием ниже бортового. Пробы и интервалы, не удовлетворяющие требованиям объединения в рудные интервалы, исключают из подсчета запасов.

Для изолированных рудных интервалов, протяженность которых меньше, чем минимальная рабочая мощность  $m_p$ , проверяется соответствие их метропроцента минимальному метропроценту, который определяется как произведение минимальной рабочей мощности на бортовое содержание. Интервалы с метропроцентом меньше установленного лимита исключаются из оконтурирования и подсчета запасов. Результаты расчетов указываются в следующем виде (в таблице): номера проб; интервал от — до; длина пробы в м ( $l$ ); содержание полезного компонента в % ( $C_0, C_1, C_2, C_{усл}$ ); метропроцент в М·% ( $C_v, l_i$ ); мощность  $m$ ; среднее содержание  $\bar{C}$ ; метропроцент по выделенному рудному интервалу —  $m \cdot \bar{C}$ .

Пробы, вошедшие в рудный интервал, отмечают цветом, вертикальной линией или скобкой. Цвет принимается разным для балансовых и

забалансовых интервалов. Интервалы и их параметры отмечают на графических документах — разрезах, планах, проекциях. Для исследуемого объекта по всем интервалам оценивают среднюю мощность руды и содержания входящих в нее компонентов.

Закрепление теоретических знаний и практических навыков работы осуществляется выполнением заданий.

1. Выделение интервалов для месторождений с однокомпонентным составом руд.

2. Выделение рудных интервалов при изучении комплексных месторождений.

3. Исследование зависимости характеристик оруденения от значений кондиционных показателей.

Решение предложенных вариантов заданий практически не различается по структуре, поэтому для них используются общие положения и методические указания. Выполнение заданий 1 или 2 может являться частью задания 3, когда оконтуривание производится не только по фиксированному комплексу кондиционных показателей, но и по вариантам изменений тех или иных условий.

Исходные данные: результаты опробования разведочных пересечений, в том числе и результаты обработки данных геофизических и ядерно-физических исследований по определению содержаний полезных компонентов в коренном залегании. Для каждого из разведочных пересечений должны быть указаны их пространственное положение, интервалы отбора проб или геофизических измерений, содержания полезных компонентов по каждой пробе. Данные выдаются в графическом и табличном виде. Пример данных опробования по разведочному пересечению приведен в табл. 27.

Содержания условного компонента в таблице рассчитываются самим исполнителем с учетом переводных коэффициентов. Каждому студенту выдаются данные опробования 20 — 30 разведочных пересечений, характеризующих отдельное рудное тело, залежь или подсчетный блок, указываются значения кондиционных показателей. Для выполнения задания 3 определяют также варианты изменения параметров кондиций. Конкретные значения кондиционных показателей устанавливаются с учетом вида полезного ископаемого, его залегания, предполагаемого способа отработки и других факторов. Например, величина минимальной рабочей мощности для подземной отработки может составлять 0,7 — 1,5 м, для открытых работ — 3 — 10 м. Максимальная мощность пустого прося при подземной отработке может изменяться от 2 до 5 м, на открытых работах — от 5 до 10 м.

Исследования проводят на моделях месторождений разных видов полезных ископаемых и промышленных типов, отображаемых на графических документах и объемных макетах. Информация об объектах изучения может храниться также в виде банка данных на ЭВМ и выдаваться для выполнения заданий в виде распечаток. Такой прием выдачи индивидуальных заданий каждому исполнителю способствует самостоятельной работе студентов и более полному усвоению знаний.

Расчеты выполняют на микрокалькуляторах и персональных компьютерах с использованием соответствующих программ.

Основные вопросы:

1. Выделить интервалы балансовых и забалансовых руд с использованием кондиционных показателей.
2. Отметить положение рудных интервалов на графических документах.

При выполнении задания 2 предварительно требуется рассчитать содержания условного компонента по каждому разведочному пересечению. Для выполнения задания 3 требуется также выявить зависимость между значениями параметров кондиций и характеристиками оруденения (средним содержанием полезного компонента в руде, мощностью рудного тела, запасами руды и металла). Выполнение каждого из заданий при соответствующей технической оснащенности требует около двух часов лабораторных занятий и два — четыре часа самостоятельной работы.

Отчетные документы: таблицы или распечатки с результатами расчетов; графические документы-разрезы, планы, проекции с выделенными на них балансовыми и забалансовыми интервалами и параметрами оруденения, графики, характеризующие изменение данных о запасах в зависимости от параметров кондиций; краткие текстовые пояснения к работе.

Пример выполнения задания. Выделение рудных интервалов рассмотрим на примере данных, приведенных в табл. 27 (задание 2). Объект исследований — полого залегающая залежь полиметаллических руд, разведанная системой вертикальных скважин. Ценность руды определяется содержаниями трех основных компонентов — цинка, меди и свинца. При оконтуривании оценивают содержания условного цинка. Установлены следующие виды кондиционных показателей.

1. Бортовое содержание условного цинка для балансовых руд — 2%.

2. Минимальная рабочая мощность — 1,4 м, минимальный метропроцент — 2,8 м · %.

3. Максимальная мощность пустых пород и некондиционных руд, включаемых в контур балансовых запасов, — 3 м.

4. Переводные коэффициенты для пересчета содержаний свинца в содержания условного цинка — 1,2; для пересчета содержаний меди — 1,3. При пересчете не учитывают содержания свинца и меди менее 0,1%.

Выполнение задания начинается с вычисления содержаний условного цинка в таблице. Например, содержание условного цинка в интервале 31,10 — 31,35 рассчитывается как  $C_{\text{усл Zn}} = 1,2 \times 0,17 + 0,55 = 0,75\%$ ; в интервале 31,35 — 31,95 определяется как:  $C_{\text{усл Zn}} = 1,3 \times 0,60 + 1,2 \times 4,80 + 10,60 = 0,78 + 5,76 + 10,60 = 17,14\%$ .

Данные расчетов заносят в продолжение табл. 27. Вычисляют метропроценты по пробам (запись в отдельной графе). Пробы 1422 — 1423 и 1426 — 1429 имеют содержание более 2%, в связи с чем оценивается возможность выделения их как рудных интервалов. Первая группа проб

обладает более высоким значением суммарного метропроцента (17,67 против 4,23), в связи с чем она рассматривается в качестве основной.

Вторая группа проб отстоит от первой на расстоянии менее 3 м, в связи с чем следует рассмотреть возможность объединения их в один интервал. Содержание в присоединяемой части вычисляется как отношение суммы метропроцентов проб 1424 – 1429 к их суммарной длине  $C_{\text{усл}} Z_n = 5,04 : 3,90 = 1,29 \%$ . Данное содержание ниже бортового (2%), поэтому эти пробы не могут быть включены в один интервал с основными. Они исключаются из дальнейших расчетов.

Оставшийся интервал имеет мощность меньше минимальной рабочей, поэтому необходимо сравнить его метропроцент с минимальным. Такое сравнение (17,67 против 2,80) доказывает возможность включения этого интервала в контур рудного тела. Его параметры фиксируются в графах 10 – 12 (не показаны в таблице), а положение отмечается на графике.

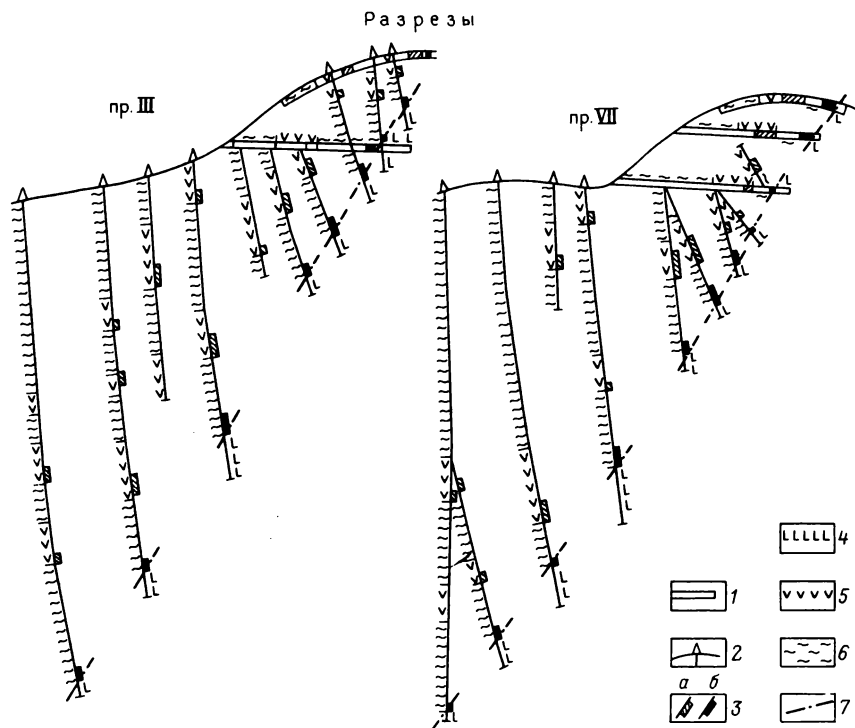
## Глава 12

### ОКОНТУРИВАНИЕ И БЛОКИРОВКА ЗАПАСОВ

Определение пространственных границ оруденения и выделение отдельных частей рудных образований (блоков), характеризующихся относительной внутренней однородностью, базируются на изучении геологических особенностей объекта. Геологические закономерности строения месторождения отображают на графических документах-разрезах, планах и проекциях, которые строят по данным документации разведочных выработок и скважин. Построение геологических графических документов производят с применением известных приемов структурной геологии, в том числе учитывающих отклонения стволов разведочных скважин или горных выработок от плоскости разреза (рис. 56).

Оконтуривание оруденения на геологических и подсчетных разрезах проводится с учетом положения геологических структур и элементов, определяющих локализацию оруденения. Контурные рудных тел проводятся плавными линиями. В сторону безрудных пересечений оруденение выклинивается "на треугольник", вершина которого находится посредине расстояния между разведочными пересечениями. Аналогичным образом выконтуривают безрудные участки при "расщеплении" рудных тел или их сложном внутреннем строении. При отсутствии законтурных разведочных пересечений границы оруденения проводятся экстраполяцией на расстояние в 1 – 2 шага сети с учетом предполагаемого положения рудоконтролирующих структур.

Рудные тела, оконтуренные на каждом из разрезов, сопоставляют на смежных сечениях. При идентификации рудных тел учитывают их приуроченность к определенным структурам, пространственное положение, устойчивость простирания и падения, сходство внутреннего строения,



**Рис. 56.** Разрезы для оконтуривания и блокировки запасов:

1 — горные выработки; 2 — скважины; 3 — рудные интервалы (*а* — прожилково-вкрапленные руды, *б* — прожилково-брекчиевые руды); 4 — габбро; 5 — дуниты и пироксениты; 6 — филлитовые сланцы; 7 — зоны дробления

минерального состава, текстурно-структурных, морфологических и других особенностей. Рудным телам присваивается определенный номер или индекс.

Оконтуривание рудных тел производят также на проекциях на горизонтальную или вертикальную плоскость с применением тех же принципов оконтуривания. Прежде всего на проекцию в соответствии с их координатами выносят начало и конец рудных интервалов по разведочным пересечениям. Начало и конец рудных интервалов соединяют сплошной чертой (рис. 57), их середина условно принимается за центр разведочного пересечения. В пределах каждого из разрезов отмечают точки выклинивания рудных тел, через которые проводится контур рудного тела на проекции. Между рудными и безрудными разрезами контур проводится посередине расстояния. При проведении контура здесь также необходимо учитывать положение геологических границ и влияние рудоконтролирующих факторов. Проекция составляется отдельно для каждого рудного тела.

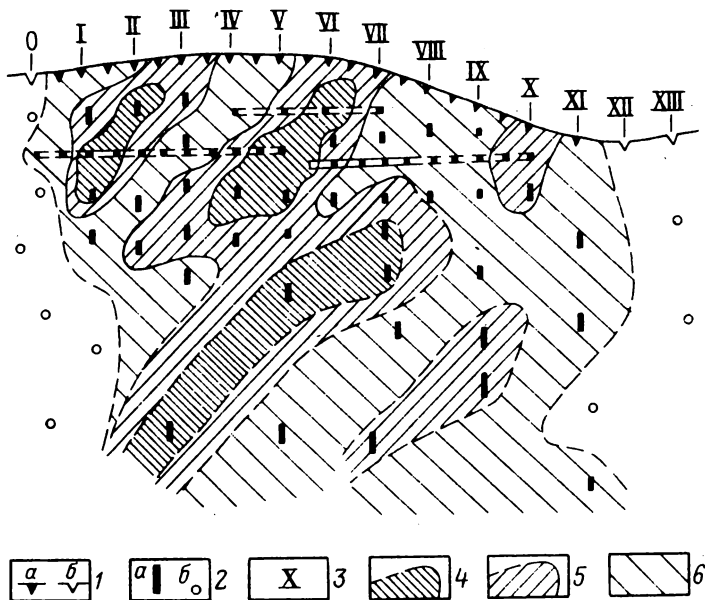


Рис. 57. Проекция зоны развития прожилково-брекчиевых руд на вертикальную плоскость:

1 – разведочные пересечения по горным выработкам (*a* – рудные, *b* – безрудные);  
 2 – разведочные пересечения по скважинам (*a* – рудные, *b* – безрудные); 3 – номер разведочного профиля; 4 – 6 – участки оруденения с разной продуктивностью: 4 – высокой, 5 – средней, 6 – низкой

Внутри рудного тела на разрезах проводят контуры различных типов руд (например, окисленных, смешанных и первичных сульфидных). Распространение этих типов характеризуется также на проекциях; их границы должны различаться цветом или крапом.

Для блокировки запасов и квалификации их по категориям изученности необходимо прежде всего выделить участки с различной плотностью разведочных пересечений. В пределах этих участков дополнительно требуется выделить части рудного тела, характеризующиеся сложной морфологией и внутренним строением, с небольшими размерами по падению и простиранию, увязка которых при построении разрезов и проекций представляется неоднозначной. Разведанность этих частей рудных тел следует квалифицировать по более низкой категории.

Подсчетные блоки должны характеризоваться внутренней геологической, технологической, горнотехнической и другой однородностью. Однородными считаются блоки, содержащие не менее 70% руд определенного качества, технологических свойств, условий залегания и т.д. Выделение однородных блоков достигается более подробной характеристикой запасов и выделением относительно небольших по размерам участков. Это позволяет в дальнейшем при отработке месторождений эф-

фактивно планировать очистные работы; обеспечивать ритмичную деятельность горнодобывающего предприятия. Препятствием для такой детализации является недостаток разведочных данных и относительно большие ошибки подсчета запасов и вывода средних значений геологоразведочных параметров по ограниченному числу разведочных пересечений. Достаточная точность для запасов категории  $C_1$  обеспечивается, как правило, при 5 – 7 пересечениях в подсчетном блоке; для запасов категории В их число увеличивается обычно до 10 – 12. Блоки категории  $C_1$  по запасам не должны превышать планируемой годовой производительности рудника. Запасы категории  $C_2$  могут оцениваться даже по единичным разведочным пересечениям.

В отдельные блоки должны быть выделены запасы, подлежащие подземной или открытой отработке. Следует также учитывать, что при эксплуатации запасы погашаются сверху вниз и подсчетные блоки должны разделяться по вертикали. В отдельные блоки выделяются руды, сложенные различными технологическими типами. При невозможности раздельного оконтуривания запасы руд определенного технологического типа оцениваются в обобщенном контуре статистически, т.е. по их соотношению, определяемому по блоку в разведочных пересечениях. В этом случае на графических документах руды разных типов в пересечениях обозначаются особым условным знаком.

Основное задание по рассматриваемой теме – оконтуривание и блокировка запасов. Усвоение этой темы может проводиться по вариантам заданий, различающихся видом полезного ископаемого, его промышленным и морфологическим типом, условиями залегания оруденения, сложностью внутреннего строения, соотношениями руд различных технологических типов и сортов, а также разной степенью разведанности объектов.

Исходные данные: результаты выделения рудных интервалов, полученные при выполнении предыдущего задания. Они дополняются сведениями о геологическом строении объекта по разведочным пересечениям. Эти данные могут характеризовать весь разведываемый объект или его часть (отдельный блок, рудное тело, залежь). Кроме того, для решения этой задачи можно использовать специально подготовленные данные по месторождениям различных структурно-морфологических типов, содержащие сведения о геологическом строении объектов и результатах их разведки с указанием параметров оруденения по разведочным пересечениям, пространственное положение которых также должно быть определено.

Модели месторождений, содержащие данные для выполнения заданий, могут быть представлены в графическом виде или в виде объемных макетов. Кроме того, для решения этой задачи могут использоваться модели месторождений, хранящиеся в памяти ЭВМ. В процессе выполнения работы ЭВМ может использоваться не только для выдачи заданий, но и для проведения исследований и расчетов по оценке степени и характера изменчивости геологоразведочных параметров, их однородности в пределах выделенных блоков, точности подсчета запасов, выявления и

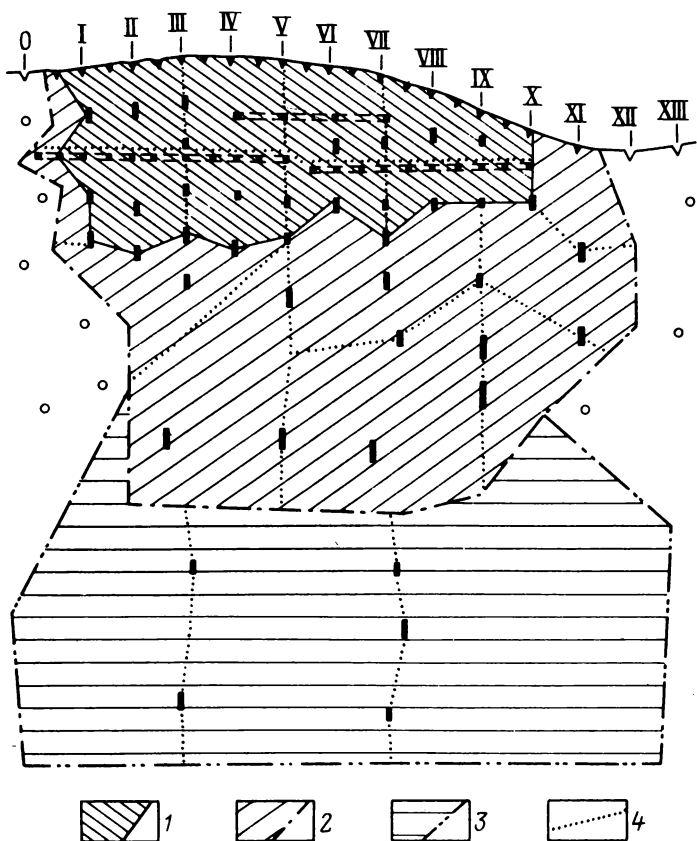


Рис. 58. Блокировка запасов прожилково-брекчиевых руд:

1 – 3 – блоки различных категорий: 1 – В, 2 – С<sub>1</sub>, 3 – С<sub>2</sub>; 4 – границы отдельных подсчетных блоков

отображения пространственных закономерностей в изменении признаков с помощью печатающих устройств или графопостроителя.

Основные вопросы.

1. Построить геологические разрезы и проекции, оконтурить рудные тела или залежи с учетом рудоконтролирующих факторов.

2. Выделить отдельные подсчетные блоки на разрезах и проекциях с учетом их однородности и степени разведанности запасов.

3. Квалифицировать изученность запасов в блоках определением их категорий.

Отчетные документы: построенные разрезы и другие графические документы, характеризующие положение оруденения и отдельных подсчетных блоков с обозначением их номеров и категорий запасов. Может быть представлена дополнительная графика, подтверждающая правиль-

ность принятых решений (проекции с изолиниями мощностей, содержания, продуктивности, с характеристикой распределения типов руд и другие документы). К графике прилагается краткая пояснительная записка. Выполнение задания в зависимости от его объема рассчитано на два — четыре часа лабораторных занятий и два — четыре часа самостоятельной работы.

Пример выполнения задания.

Предполагается, что кроме представленных разрезов имеются данные по всем остальным разведочным линиям, план поверхности месторождения и планы горизонтов горных работ. Имеются также данные опробования разведочных пересечений.

Изучение геологических данных позволяет заключить, что на месторождении развиты два типа руд с разной морфологией — прожилково-вкрапленные и прожилково-брекчиевые. Прожилково-вкрапленные руды располагаются преимущественно в лежащем боку тел дунитов и пироксенитов, образуя линзы и пластообразные рудные тела ("донные" залежи), и редко занимают секущее положение. Прожилково-брекчиевые руды образуют жилоподобное тело и контролируются крупным разрывным нарушением.

Размещение продуктивности в плоскости разлома характеризуется значительной неоднородностью. Изучение факторов, которыми обусловлена неоднородность, позволяет заключить, что положение участков с различной продуктивностью определяется изгибами поверхности разлома по падению и простиранию.

По густоте расположения разведочных пересечений могут быть выделены три различных участка (рис. 58), в пределах которых дополнительно с учетом распределения продуктивности и очередности отработки запасов подземным способом оконтуриваются отдельные блоки. Запасы прожилково-брекчиевых руд в верхней части месторождения в связи с достаточно надежной их геометризацией и выявлением основных черт и закономерностей пространственного размещения свойств оруденения (содержаний, мощности, продуктивности и др.), что подтверждается соответствующими расчетами и графиками, относят к категории В. Запасы, разведанные по менее плотной сети или залегающие в приконтурной полосе, оконтуренные менее надежно, квалифицируют по категории С<sub>1</sub>. Запасы на флангах и глубоких горизонтах залежи квалифицируют по категории С<sub>2</sub>. При выделении блоков следует обратить внимание на их размеры и количество разведочных пересечений.

### Глава 13

#### ПОДСЧЕТ ЗАПАСОВ

Подсчет запасов производится после проведения геологоразведочных работ и обобщения их результатов. При подсчете запасов твердых полезных ископаемых используется основная формула

$$Q = V\bar{d},$$

где  $Q$  – запасы руды, т;  $V$  – объем подсчетного блока, м<sup>3</sup>;  $\bar{d}$  – средняя объемная масса руд, т/м<sup>3</sup>.

При подсчете запасов рудных месторождений и некоторых видов нерудных полезных ископаемых вычисляют также запасы полезного компонента:  $P = QC/100\%$ , где  $P$  – запасы полезного компонента, т;  $C$  – содержание полезного компонента в подсчетном блоке, %. Если содержания оцениваются в других единицах (карат/т, г/т), то и запасы получают в соответствующих единицах (каратах, граммах и т.п.); деление на 100 % в этом случае не требуется.

При вычислении величин  $V$ ,  $\bar{d}$ ,  $C$  в отдельных случаях могут использоваться поправочные коэффициенты, в том числе поправки за льдистость, валунистость, наличие безрудных даек и блоков пустых пород в подсчетном контуре, влажность руд, за наличие систематических ошибок в анализах проб и др.

Наиболее распространенные способы подсчета запасов – способ блоков и способ разрезов, различающиеся особенностями определения объема подсчетных блоков.

Способ блоков применяют для подсчета запасов сравнительно простых по строению, маломощных рудных тел с относительно устойчивым залеганием. Различают три разновидности подсчета запасов этим способом: среднеарифметического, геологических блоков и эксплуатационных блоков. Способ среднеарифметического целесообразно использовать, когда еще не создана достаточно регулярная разведочная сеть и отсутствуют данные, характеризующие неоднородности в строении разведочного объекта. Увеличение разведанности объекта позволяет выделить в нем отдельные, однородные по геологическому строению части – геологические блоки. Способ эксплуатационных блоков отличается от предыдущих тем, что их границы блоков определяются положением подготовительных и нарезных горных выработок, а также положением горизонтов и уступов карьера.

Объем руды при подсчете запасов способом блоков определяется как  $V = S\bar{m}$ , где  $V$  – объем подсчетного блока;  $S$  – площадь блока на проекции;  $\bar{m}$  – средняя мощность рудного тела в пределах подсчетного блока.

Иногда ориентировка осевой поверхности рудного тела и плоскости проекции не совпадают, в связи с чем требуется введение поправок в расчетные данные. Если в каждом разведочном пересечении определяется истинная мощность и вычисляется ее средняя величина по блоку, то учитывается искажение площади рудного тела при определении его границ на проекции. Истинная площадь рудного тела вычисляется как  $S = S^1 / \sin(90 - \alpha)$ , где  $S$  – истинная площадь рудного тела в подсчетном блоке;  $S^1$  – площадь подсчетного блока на проекции;  $\alpha$  – угол между нормалью к плоскости проекции и нормалью к осевой поверхности рудного тела.

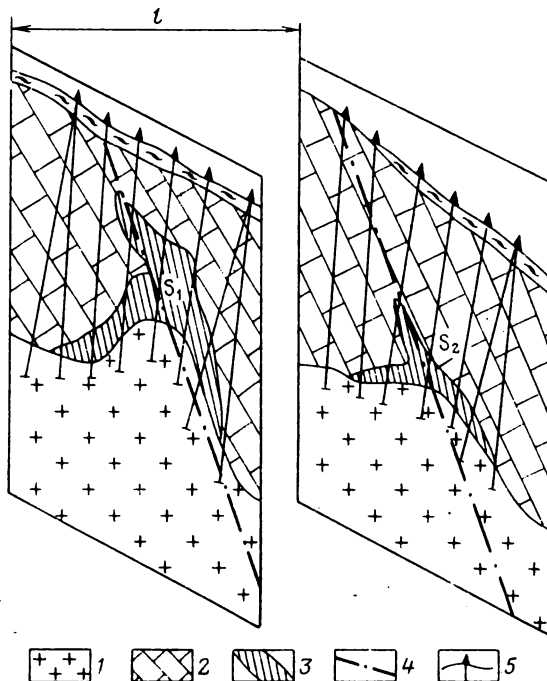


Рис. 59. Схема подсчета запасов методом разрезов:

1 – граниты; 2 – известняки; 3 – рудные тела; 4 – разрывные нарушения; 5 – разведочные скважины

При изменчивом залегании рудного тела вычисляется средний синус дополнительного угла. При устойчивом залегании рудного тела, спроектированного на вертикальную плоскость, дополнительный угол соответствует углу падения.

Введение поправок в величину площади не требуется, если по каждому разведочному пересечению вычислена горизонтальная (для крутопадающих тел) или вертикальная (для полого залегающих тел) мощность рудного тела и определена ее средняя величина.

Способ разрезов (сечений) применяется при подсчете запасов относительно мощных и сложных по форме рудных тел с невыдержанным залеганием (рис. 59). Этот способ – основной при изучении трубообразных и изометричных (штокверки) объектов. Необходимой предпосылкой его использования является наличие относительно регулярной сети, позволяющей строить достоверные геологические и подсчетные разрезы (сечения). Подсчетные блоки располагаются, как правило, между двумя смежными разрезами или прилегают к одному из них. Объемы блоков вычисляют как объемы простых геометрических тел: призмы (1), клина (2), усеченной пирамиды (3), пирамиды (конуса) (4):

$$V = l \frac{S_1 + S_2}{2}, \quad (1)$$

$$V = l \frac{S_1}{S_2}; \quad (2)$$

$$V = l \frac{S_1 + S_2 + \sqrt{S_1 S_2}}{3}; \quad (3)$$

$$V = l \frac{S_1}{3}, \quad (4)$$

где  $S_1$  и  $S_2$  — площади рудных тел на смежных разрезах;  $l$  — расстояние между разрезами.

Для непараллельных разрезов величина  $l$  вычисляется как  $l = (l_1 + l_2)/2$ , где  $l_1$  и  $l_2$  — перпендикуляры, опущенные на соседний разрез из центров тяжести площади рудных залежей. При углах между непараллельными разрезами более  $10^\circ$  дополнительно вводится поправка  $a/\sin$ , где  $a$  — угол между разрезами в радианах.

Средние значения геологоразведочных параметров (плотность, мощность, влажность и др.) обычно вычисляют как среднеарифметические оценки:  $m = \sum_{i=1}^n m_i/n$ ;  $d = \sum_{i=1}^n d_i/n$  и т.п., где  $m_i$ ,  $d_i$  — частные значения признака в точках наблюдения;  $n$  — число точек наблюдений.

Среднее содержание полезного компонента в блоке должно вычисляться как средневзвешенное:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i C_i}{\sum_{i=1}^n m_i},$$

где  $m_i C_i$  — значения мощности и содержаний по разведочным пересечениям в блоке.

При резко неравномерном расположении разведочных пересечений в блоке взвешивание может производиться также на длину или площадь области распространения данного разведочного пересечения:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i C_i S_i}{\sum_{i=1}^n m_i S_i},$$

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n m_i C_i l_i}{\sum_{i=1}^n m_i l_i},$$

где  $S_i$ ,  $l_i$  — длина и площадь области распространения пересечения.

Такое взвешивание имеет смысл в том случае, когда предполагает наличие закономерностей (зональности) в изменении признака.

При вычислении среднего содержания в блоке необходимо также выявить и ограничить влияние резко выделяющихся (ураганных) зна-

чений параметров. В соответствии с методикой ГКЗ СССР к ураганным относятся значения параметров, влияющие на вывод среднего по блоку больше чем на 10 %; при этом в оцениваемой выборке должно быть не менее 20 рудных интервалов. Если количество данных в блоке недостаточно, то используют пересечения по смежным блокам.

На ранних стадиях геологоразведочных работ, когда разведуются прерывистые залежи и по редкой разведочной сети не удастся надежно оконтурить внутрирудные участки пустых пород, возможно их включение в обобщенный подсчетный контур. Доля объемов руды в этом контуре учитывается коэффициентом рудоносности, который рассчитывается как:  $K_p = n_p / n_o$ , или

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^p m_i}{\sum_{i=1}^n M_j},$$

где  $n_p$  — число рудных пересечений в блоке;  $n_o$  — общее число разведочных пересечений в блоке;  $m_i$  — мощность  $i$ -го рудного интервала;  $p$  — число интервалов;  $M_j$  — мощность залежи по разведочному пересечению;  $n$  — число разведочных пересечений в блоке.

Первое выражение используют при подсчете запасов методом блоков, когда прерывистость залежи фиксируется по падению и простиранию. Второе выражение применяется при наличии перерывов оруденения по мощности для способа блоков.

Подсчет запасов попутных компонентов производят в контуре основного полезного компонента. Специфика подсчета состоит в способах определения средних содержаний попутных компонентов — по групповым пробам, по данным анализа рядовых проб, по корреляционным зависимостям.

После подсчета запасов по отдельным блокам составляется их баланс по группам блоков одной категории разведанности, а также по разным категориям по всему объекту. При составлении баланса суммируются запасы руды и полезного компонента: среднее содержание вычисляется как их отношение. Результаты расчетов оформляются в виде таблиц, аналогичных табл. 28 — 31.

Для закрепления теоретических знаний и практических навыков работы по заданной теме могут быть предложены следующие задания.

1. Подсчет запасов методом блоков пологозалегающих рудных тел (крутозалегающих рудных тел).

2. Подсчет запасов методом вертикальных разрезов (горизонтальных сечений).

В качестве вариантов задания 1 могут быть рассмотрены методы среднеарифметического, геологических блоков, эксплуатационных блоков, подсчет запасов с применением коэффициента рудоносности. Для задания 2 варианты могут различаться формой геометрических фигур, ориентировкой разрезов, возможностями использования коэффициента рудоносности. Во всех вариантах заданий может быть предложен подсчет запасов попутных компонентов. Каждому студенту пред-

Журнал кондиционных пересечений

Номер п/п	Номер пробы	Рудный интервал по выработке, м		Горизонтальная (вертикальная) мощность, м	Среднее содержание, %		Метропроценты, м. %	
		От	До		меди	никеля	меди	никеля
1	3	20	21	1,2	2	0,5	2,4	0,6

Таблица 29

Таблица расчета средних параметров по блоку

Номер п/п	Номер блока	Разведочные пересечения		Горизонтальная (вертикальная) мощность, м	Медь		Никель	
		№ п/п	Номер выработки		Содержание, %	Метропроцент, %	Содержание, %	Метропроцент, %
1	С-3	1	С-3					

Таблица 30

Таблица подсчета запасов (способ геологических блоков)

№ п/п	Номер блока	Площадь блока, м <sup>2</sup>	Мощность средняя (горизонтальная или вертикальная), м	Объем, м <sup>3</sup>	Плотность руды, т/м <sup>3</sup>	Запасы руды, т	Среднее содержание, %		Запасы, т	
							меди	никеля	меди	никеля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11

лагают по одному из вариантов задания 1 и 2. Выполнение каждого задания рассчитано на два часа лабораторных занятий. Задания мало различаются по структуре, и для их выполнения используют общие положения и методические указания.

Исходные данные: результаты оконтуривания и блокировки запасов, полученные при решении предыдущей задачи; материалы, под-

№ п/п	Но-мер бло-ка	Но-мер раз-реза	Площадь рудного тела в разрезах, м <sup>2</sup>	Дли-на бло-ка	Фигу-ра бло-ка	Плот-ность руды, т/м <sup>3</sup>	Объ-ем бло-ка, м <sup>3</sup>	Запа-сы руды, т	Среднее содержание, %		Запасы, т	
									ме-ди	нике-ля	ме-ди	нике-ля
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

готовленные подобным образом, по другим объектам. Эти материалы выдаются в виде карт, разрезов, погоризонтных планов и проекций. Они должны содержать информацию о пространственном положении рудных пересечений, границ рудных тел и подсчетных блоков, результаты опробования и оконтуривания рудных интервалов по разведочным пересечениям.

Лабораторная база: графические и объемные модели, которые содержат исходную геологическую информацию и позволяют уяснить особенности геологического строения объектов. Кроме того, хранение и извлечение информации по объектам различных типов и видов минерального сырья могут осуществляться с помощью мини-ЭВМ типа СМ-4. Для их использования предварительно создают модели месторождений, в которых положение геологических границ описывают математически как поверхности тренда. Аналогичным образом описывают поля различных признаков — мощности, содержания и др. Возможны другие способы введения и хранения информации. Модели предложенного типа позволяют получать сведения по разведочным пересечениям и сечениям любого пространственного положения и ориентировки. Это дает возможность имитировать процесс проведения геологоразведочных работ на разных стадиях и обеспечивать получение многочисленных вариантов разведки для выполнения задания разными исполнителями.

Вычислительные операции проводят с использованием микрокалькуляторов типа МК-54 или персональных компьютеров типа БК-0010, "Электроника-80", "Искра" и т.д.

Основные вопросы:

1. Обосновать выбор способа подсчета запасов.
2. Провести подсчет запасов по выделенным подсчетным блокам.
3. Составить баланс запасов по отдельным рудным телам, типам руд, категориям запасов.

Отчетные документы: пояснительная записка с обоснованием способа подсчета запасов и проведения расчетных операций; таблица вывода среднеблочных параметров; таблицы подсчета запасов руды и полезных компонентов по блокам и группам блоков. Таблицы могут быть составлены с использованием ЭВМ в виде распечаток.

Пример выполнения задания. Жильное месторождение, разведенное канавами и скважинами, приведенная мощность рудного тела

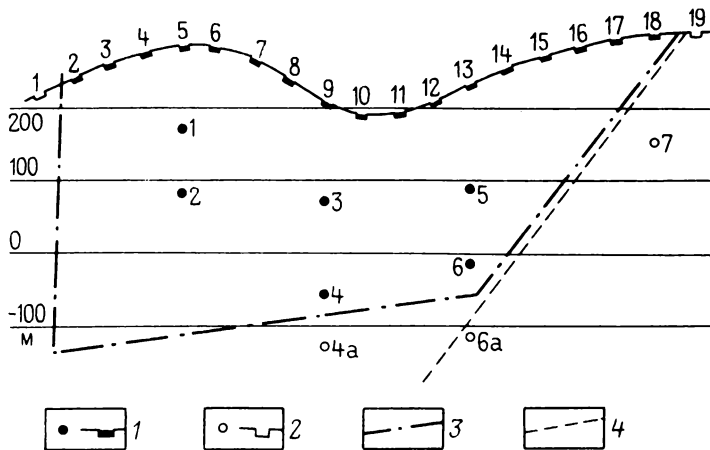


Рис. 60. Схема подсчета запасов жильного месторождения методом блоков:  
 1, 2 – скважины и каналы: 1 – рудные, 2 – безрудные; 3 – граница подсчетного блока; 4 – проекция пересечения плоскости жилы и контакта пород

пересчитана на истинную. Для подсчета запасов приняты минимальное содержание полезного ископаемого 0,15 % и минимальный метропроцент 0,105. Часть пересечений (каналы 1, 19, скв. 4<sup>а</sup>, 6<sup>а</sup>, 7) некондиционные.

В связи с относительно малой мощностью рудного тела и недостатком данных о распределении полезного ископаемого по всему его объему выбираем метод блоков (среднеарифметического). На проекции (рис. 60) проведено оконтуривание рудного тела. Определяем площадь рудного тела на проекции с помощью планиметра или палетки. Для данного примера она составляет 240,6 тыс. м<sup>2</sup>. Так как изгибы рудного тела по падению и простирацию относительно невелики (не превышают 10°), истинная площадь рудного тела оценивается по среднему углу падения (в данном случае 65°). Истинная площадь рудного тела  $S = S' / \sin 65^\circ = 240,6 : 0,9 = 265,6$  тыс. м<sup>2</sup>. Средняя мощность вычисляется как среднеарифметическая:  $\bar{m} = \sum_{i=1}^n m_i / n = 85,4 : 23 = 3,7$  м. Оценивается объем рудного тела:  $V = 265,6 \times 3,7 = 982,7$  тыс. м<sup>3</sup>.

Объемная масса руды принята равной 2,72 т/м<sup>3</sup>. Запасы руды составят:  $Q = V\bar{d} = 982,7 \cdot 2,72 = 2672,9$  тыс. т.

В исследуемой выборке (см. рис. 60) максимальное содержание (1,82 %) и метропроцент (8,19 м · %) зафиксированы в пересечении по канаве 10. Сумма метропроцентов в рудных пересечениях составляет 49,14 м · %; сумма мощностей рудного тела равна 85,4 м. Среднее содержание с учетом выдающегося значения равно  $C = 49,14 : 85,4 = 0,575$  %. Исключение "ураганного" пересечения из расчетов приводит к снижению среднего содержания:  $C = 40,95 : 80,9 = 0,51$  %.

Влияние данных по канаве 10 на вывод среднего содержания превышает 10 %-ный уровень ( $0,575 - 0,510/0,575 = 0,12 = 12\%$ ); таким образом, указанное содержание можно считать "ураганным" и его следует ограничить. Ограничение можно проводить заменой на следующее по величине высокое содержание (например, 1,48 %, канава 15) или на содержание, влияющее на вывод среднего не больше чем на 10 %. Таким содержанием в данном случае является значение 1,57 %. Вычисленное с его учетом среднее содержание составит:  $\bar{C} = 48,01/85,4 = 0,56\%$ .

Запасы металла в подсчетном блоке составят:  $P = Q\bar{C}/100 = 2672,9 \times 0,56 : 100 = 14,968$  тыс. т.

Запасы блока квалифицируются по категории  $C_2$ .

## РАЗДЕЛ III

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ И ОПРОБОВАНИЕ

Результаты геологоразведочных работ, получаемых после проведения больших объемов бурения, горнопроходческих работ и полевых наблюдений, выражаются в конечном итоге в виде графических, цифровых и текстовых документов, составленных по данным геологической документации и опробования изучаемых объектов. Таким образом, материалы документации и опробования — основной продукт геологоразведочных работ.

#### Глава 14

### ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ДОКУМЕНТАЦИЯ

Геологическая документация определяется следующими требованиями:

1) объективностью отображения наблюдаемых фактов; 2) полным изложением информации; 3) использованием единых условных обозначений; 4) краткостью текстовых описаний; 5) тщательностью и аккуратностью исполнения.

Геологическая документация может быть первичной (полевой), чистовой (камеральной), тематической (специальной) и сводной (обобщающей).

Первичная документация — точное и объективное фиксирование всех геологических деталей исследуемого объекта в естественном или искусственном обнажении. Первичная документация выполняется в виде зарисовок, фотоснимков и описания обнажений, забоев, стенок, кровли и уступов горных выработок, а также в виде колонок, составленных по зарисовкам крена скважин.

Первичная документация производится в пикетажных книжках в масштабах 1 : 20 – 1 : 200 с зарисовками особо интересных участков в масштабах 1 : 1 – 1 : 10 и указанием мест отбора проб и образцов маркшейдерских точек.

Чистовая (камеральная) документация выполняется по данным первичной документации с учетом полученных результатов опробования и минералого-петрографического изучения образцов. Результаты чистовой документации сводятся в альбомы, журналы и картотеки.

Тематическая документация проводится при специальных исследованиях (минералогических, геофизических, геохимических), а также для изучения изменчивости и закономерности распределения оруденения. Результаты тематических исследований отображаются на специализированных картах, планах и графиках в масштабах от 1 : 1 (1 : 20) до 1 : 1000 (1 : 10000).

Сводная документация представляет собой обобщение всех видов документации для получения представления о геологическом строении изучаемого объекта, о закономерностях распределения оруденения и компонентов в нем, об основных показателях (параметрах) перспективных участков и изучаемых месторождений. Материалы сводной геологической документации – основа для планирования, проектирования и проведения поисковых, разведочных и эксплуатационных работ.

Выделяют следующие виды материалов геологической документации: графический, фотографический, табличный, цифровой, каменный и текстовый.

Навыки составления первичной документации закрепляются на лабораторных занятиях по следующим темам: геологическая документация керна буровых скважин; геологическая документация горных выработок; фотодокументация геологических объектов.

**Задание 1.** Геологическая документация керна буровых скважин. Геологическая документация скважин должна содержать следующие сведения: 1 – номер и координаты устья скважины, способ бурения, даты начала и конца бурения; 2 – глубина рейсов, выход керна в метрах и процентах; 3 – глубина контактов, описание пород и полезных ископаемых с указанием углов падения слоистости, полосчатости, контактов; 4 – мощности пород и рудных тел; 5 – интервалы опробования; номера проб и результаты анализов; 6 – места отбора образцов и их назначение; 7 – зарисовки и фотоснимки керна; 8 – результаты каротажа и других специальных измерений и наблюдений.

В полевых условиях по каждой скважине составляются буровой журнал, зарисовка и описание керна в пикетажной книжке, а затем составляется колонка скважины – обобщенный первичный геологический документ колонкового бурения. В учебной лаборатории производится только описание керна и составляется геологическая колонка скважины.

Зарисовка керна скважин составляется в масштабах 1 : 100 – 1 : 500, а важных деталей керна – в масштабах 1 : 1 – 1 : 20. Описание

керна ведут по каждому интервалу бурения или по нескольким интервалам, если пересекаются одни и те же породы. Интервалы бурения по рудному телу зарисовывают в более крупном масштабе по сравнению с интервалами вмещающих пород. Описание рудных интервалов производят с максимальной детальностью. Особое внимание уделяют представительности пробуренного интервала (выходу керна в метрах и процентах). Выход керна не должен быть ниже проектного (обычно не менее 70 %). Пространственное положение скважины определяется по данным инклинометрии, а положение пород и рудного тела — по данным кернометрии. Ориентировка керна в пространстве производится сверлением ориентирующих меток на забое скважины керноскопом и замером углов элементов залегания на поверхности кернометром. По результатам полевого изучения и документации керна составляют геологическую колонку пересеченных скважиной пород, а в отдельных случаях — колонку опробования рудной толщи в более крупном масштабе. Качество и информативность документации керна повышаются при фотографировании керна или отдельных образцов, взятых из наиболее интересных интервалов.

Исходные материалы: ящики с керном; условные обозначения для первичной документации. Ящики с керном должны быть небольшими, удобными для переноса и работы в лабораторных условиях, вмещающие сокращенный керн по скважинам. По каждой скважине отбирают керн с признаками или проявлением полезного ископаемого, а также интервалы надрудных и подрудных пород.

Лабораторная база: лаборатория опробования и геологической документации.

Основные вопросы:

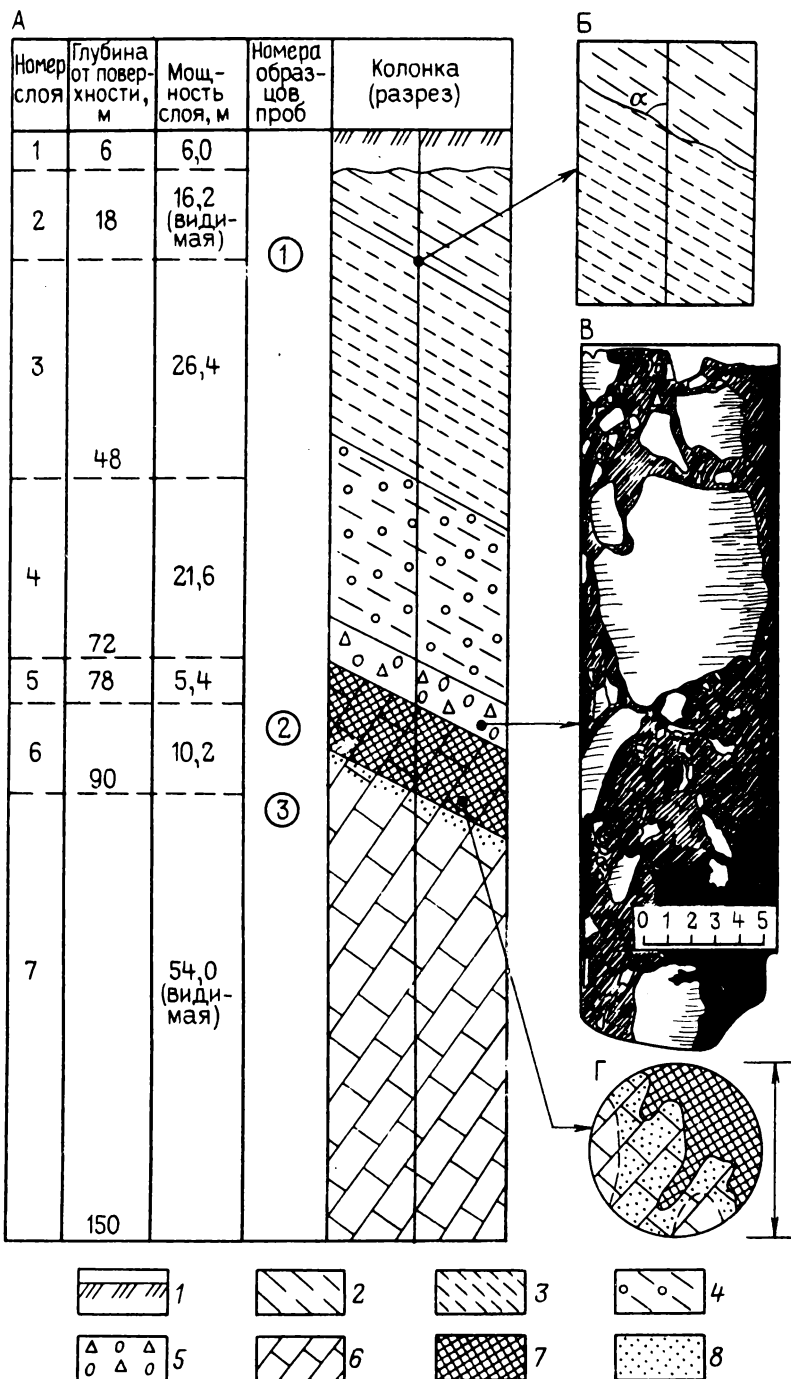
изучение и описание керна одной скважины;  
зарисовка и фотографии отдельных образцов керна, на которых видны элементы залегания пород, их текстурные особенности и проявления полезных ископаемых;

составление геологической колонки по скважине.

Пример выполнения задания показан на рис. 61.

По данным изучения керна установлено, что скважина пересекла геологические образования двух структурных этажей. Верхний структурный этаж представлен пологозалегающими ( $25^\circ$ ) терригенными отложениями нижней юры (песчаники, алевролиты). Замеренный в одном из образцов керна угол между контактом прослоев и осью скважины составляет  $65^\circ$ . Базальный горизонт этой толщи сложен осадочными конгломерато-брекчиями, состоящими из неокатанных обломков мраморизованных известняков, сцементированных темным карбонатно-глинистым материалом. Некоторые обломки известняков замещены сульфидами (галенит, сфалерит).

Нижний структурный этаж образован мраморизованными известняками палеозоя. Вдоль контакта с верхним этажом прослеживается рудная зона мощностью около 10 м. Детальное изучение образцов керна



из этой зоны позволяет определить состав сульфидов (галенит, сфалерит), а также характер метасоматитов, сопровождающих оруденение. Это вторичные гидротермальные доломиты, выделяющиеся светлокремовым оттенком на фоне белых известняков.

**Задание.** Геологическая документация горных выработок. Документация горных выработок включает геологические зарисовки с природы стенок забоев, кровли и почвы горных выработок в масштабе 1 : 20 — 1 : 100 с обозначением мест отбора образцов и проб, а также краткое описание пород и рудных тел, вскрытых выработкой.

При документации канавы вдоль бровки борта канавы натягивают мерную ленту и опускают отвес до дна (рис. 62). В ряде случаев мерную ленту протягивают по дну и замерами от ленты до стенок составляют план дна канавы. Зарисовка ведется последовательно: сначала намечают общий контур элемента выработки (стенки, дна), при этом отвес и измерительную ленту перемещают вдоль по стенке выработки. Затем заполняют контуры выработки геологическими данными. Мерной лентой по нормали определяют расстояние до геологических границ и изучаемых элементов геологического строения объекта. Зарисовка сопровождается описанием геологического разреза по интервалам, отмечаются места взятия проб и образцов. Обычно документация канавы состоит из зарисовки стенки и дна, в неглубоких канавах документируется только дно. Полная развертка выполняется при сложных геологических условиях.

Последовательность геологической документации шурфа, приемы, содержание зарисовок те же, что и в канавах. Глубокие шурфы документируют поинтервально в перерывах между их проходкой, неглубокие шурфы — после окончания проходки. При документации шурфов круглого сечения (дудок) опускают четыре шнура-отвеса, создающие условные четыре стенки, которые документируют аналогично стенкам шурфа прямоугольного сечения.

Исходные данные: макеты канав и шурфов (рис. 63, 64), рулетка, шнур-ориентир с метровыми метками, горный компас, полевая книжка из миллиметровой бумаги.

Макеты канав и шурфов изготавливают из плотной бумаги или картона в любом масштабе — от размера обычного листа бумаги до масштаба 1 : 1 (складные картонные макеты, которые можно развернуть на столе в лаборатории или в коридоре).

---

**Рис. 61.** Пример документации керна скважины, вскрывшей рудную зону:

1 — почвенный слой; 2 — 5 — нижнеюрские образования: 2 — алевриты, 3 — песчаники, 4 — песчаники с линзами мелкогалечных конгломератов, 5 — конгломератобрекчии; 6 — нижнепалеозойские мраморизованные известняки 7 — рудная зона (галенит, сфалерит); 8 — доломитизация. А — сводная колонка (разрез), составленная по данным изучения керна; Б — зарисовка образца керна, на котором видны элементы залегания пород; В — фотография образца керна из горизонта конгломератобрекчий (белое — обломки известняков, черное — сульфиды); Г — зарисовка торцовой части керна из рудной зоны

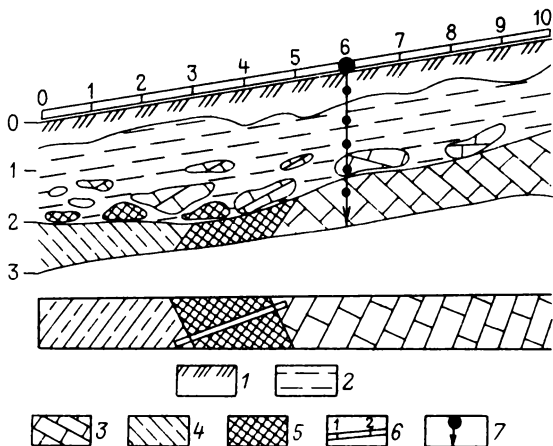


Рис. 62. Пример документации канавы с использованием мерной ленты и отвеса:

1 — почвенный слой; 2 — суглинки; 3 — известняки; 4 — песчаники; 5 — рудная зона; 6 — мерная лента; 7 — отвес

На прилагаемых рисунках тонкими пунктирными линиями обозначены линии сгиба, а крупным пунктиром — линии разреза, по которым формируется макет.

Макеты измерительных лент (рулеток) и отвесов выполняются также из плотной бумаги или материи.

Основные вопросы:

собрать макеты канавы и шурфа;

"натянуть" измерительную ленту (в канаве — по верхней бровке, в шурфе опустить до дна);

опустить "отвес" с делениями с бровки канавы;

в канаве и шурфе задокументировать стенку и полотно (дно) в общепринятых условных обозначениях.

При сложной геологической ситуации составляется развертка — документируются все стенки и полотно.

Зарисовка ведется последовательно: вначале намечается общий контур выработки в избранном масштабе, при этом перемещаются отвес и измерительная лента; затем производится "заполнение" контуров геологическими данными.

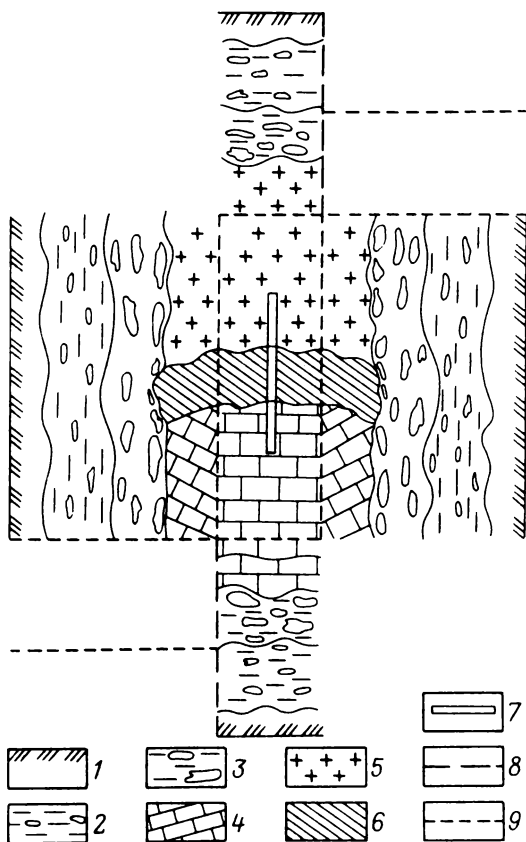
Зарисовка сопровождается описанием геологического разреза по интервалам, отмечаются пробы и образцы.

**Задание.** Фотодокументация геологических объектов. Для производства фотодокументации применяют широкоформатные ("Любитель", "Киев", "Пентакон") и узкоплёночные ("Зенит", "Практика") камеры. Массовую съёмку удобнее производить на плёнку 24 x 36 мм, выборочную фотодокументацию для больших увеличений — на плёнку 6 x 6 или 6 x 9 см.

Фотографирование керн и образцов производят на плёнку чувствительностью 32 — 65 единиц часто с применением переходных колец или короткофокусных объективов типа "Индустар-61М".

Рис. 63. Макет канавы, в которой вскрыта рудная зона (имитация доку-ментации):

1 — почвенный слой; 2 — суглинок с щебенкой; 3 — суглинок с глыбами; 4 — известняки; 5 — гра-ниты; 6 — рудные ска-рны; 7 — бороздовая про-ба; 8 — контуры про-реза; 9 — контуры пере-гиба макета



Съемку на поверхности лучше проводить при естественном освещении, фотодокументацию подземных горных выработок — с помощью ламп-вспышек. Съемка под землей проводится на пленку высокой чувствительности (180 — 250 единиц).

Перед фотографированием документируемые объекты тщательно обмываются. После мытья желательно избавиться от капелек воды, затрудняющих дешифрирование снимков. Подземные выработки проветриваются, так как даже небольшие примеси газа или пыли в воздухе делают снимки серыми и расплывчатыми.

На объекте закрепляют масштабную рейку, протяженные объекты фотографируют с закрепленной рулеткой. Кроме рулетки или мерной рейки закрепляют этикетку с адресом объекта.

Проявление пленки и печать проводят в контрастном режиме с применением контрастного проявителя и контрастной бумаги (№ 4).

Фотосъемка с рулеткой или мерной рейкой позволяет получить отпечатки нужного масштаба. Наличие масштабных единиц на негативе

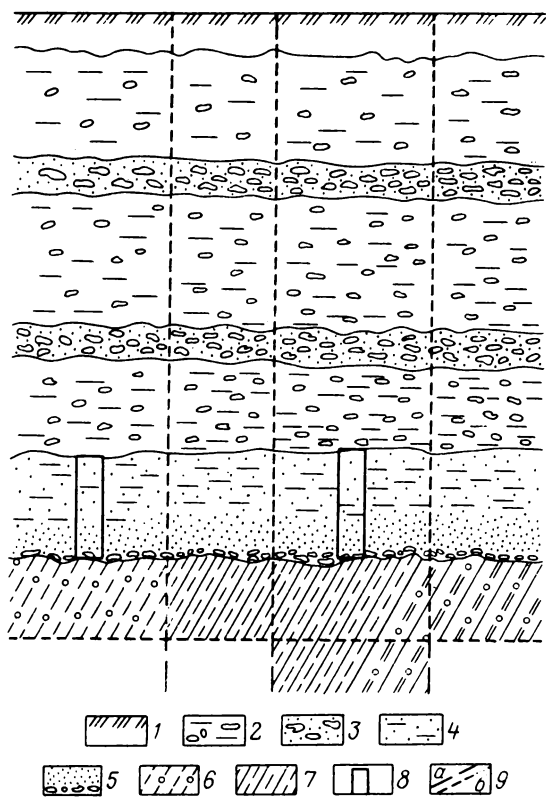


Рис. 64. Макет шурфа в котором вскрыта приплотиковая золотоносная россыль (имитация документации):

1 — почвенный слой; 2 — суглинок с щебенкой; 3 — песок с галькой; 4, 5 — золотоносные пески: 4 — непромышленные, 5 — приплотиковая россыль; 6 — песчаники; 7 — алевролиты и сланцы; 8 — бороздовые пробы; 9 — контуры разреза (а) и перегиба (б) макета

облегчает печать и монтаж снимков при панорамных съемках, так как в этом случае легко получить ряд отпечатков одного масштаба.

Дешифрирование снимков производят с помощью зарисовок, т.е. на первых этапах фотодокументации снимаемые объекты нужно тщательно зарисовывать и сравнивать с изображением на фотоснимке, чтобы "набить глаз" для дешифрирования. Полезен также повторный просмотр снятого объекта и сравнение его с фотографией непосредственно в горной выработке. Результаты дешифрирования наносят на кальку в виде накладки на снимок.

Часто фотоснимок не требует дешифрирования и является самостоятельным геологическим документом, содержащим объективную информацию.

Исходные данные: фотоснимки забоев и стенок горных выработок в масштабе 1 : 1, глыбовые образцы горных пород и руд, керн буровых скважин.

Лабораторная база: лаборатория опробования и геологической документации, фотоаппараты типа "Зенит" и фотопринадлежности.

Основные вопросы: Ознакомление с фотоаппаратурой, процессом проявления пленки и печати фотоснимков; закрепление навыков по

подготовке объекта к съемке, по фотографированию геологических объектов и изготовлению фотодокументов; дешифрирование фотоснимков, изготовление накладок с изображением геологических элементов в условных знаках.

Отчетные документы: фотоснимки с графикой дешифрирования.

## Глава 15

### ОПРОБОВАНИЕ

Опробование — важная часть поисковых, разведочных и эксплуатационных работ. Цели опробования: определение средних величин подсчетных параметров; установление контуров залежей, не имеющих четких границ, выявление закономерностей распределения полезных компонентов в рудных телах; изучение физико-механических и технологических свойств руд, решение ряда вопросов рудничной геологии (планирование добычи, учет потерь и разубоживания).

Методика опробования рассматривает вопросы пробоотбора, обработки проб, контроля отбора и анализов, а также достоверности и представительности опробования.

По целевому назначению выделяют следующие виды опробования: геологическое (химическое, минералогическое, геофизическое); техническое; технологическое; товарное.

Геологическое опробование проводится на всех стадиях геолого-разведочных работ для изучения вещественного состава руд, определения количества полезных и вредных компонентов и характера их распределения в рудных телах. Геологическое опробование может быть химическим (определение химического состава руд), минералогическим (изучение минералогического состава) и геофизическим (определение состава пород и руд по их физическим свойствам).

Рядовые геологические пробы отбирают для получения средних содержаний основных полезных и вредных компонентов в определенном объеме недр (подсчетный блок, залежь).

Групповые геологические пробы отбирают объединением рядовых проб, как правило, для определения многочисленных попутных компонентов. Отбор и анализ групповых проб сокращают затраты на опробование. Минералогическое изучение проб может проводиться в шлихах, шлифах и протолочках.

Техническое опробование проводится для изучения физико-механических свойств пород и руд и может быть основным видом опробования для строительных материалов, пьезосырья, слюды.

Технологическое опробование проводится для технологического картирования и изучения технологических свойств руд с целью разработки рациональных схем обогащения. По своему назначению и объему

технологические пробы подразделяются на частные, малые и большие технологические пробы.

Частные технологические пробы массой от 1 до 100 кг отбирают на поисково-оценочной стадии работ для выделения минералогических (природных) типов руд.

Малые технологические пробы массой 10 – 30 кг отбирают для технологического картирования и массой 100 – 200 кг – для выделения технологических типов руд на стадии предварительной разведки. На заключительных этапах предварительной разведки отбираются укрупненные лабораторные технологические пробы массой до 10 т для определения схемы обогащения руд в лабораторных условиях.

Большие технологические пробы массой от 10 до 300 т (для полупромышленных испытаний) и массой 2000 – 5000 т (для опытно-промышленных испытаний) отбирают на стадии детальной разведки.

По форме пробы делятся на точечные, линейные (бороздовые, шпуровые, керновые), площадные (задиrkовые) и объемные (валовые).

Точечные пробы отбирают штупным, горстьевым способами или пунктирной бороздой. Точечное опробование применяется при изотропном строении объекта.

Линейные пробы отбирают бороздковым, шпуровым способами, а также по керну скважин с целью пересечения изучаемого объекта по направлению максимальной изменчивости.

Площадные пробы отбирают задиrkовым способом, при котором снимается (задиrkается) слой часто со всей обнаженной поверхности изучаемого объекта. Площадное опробование применяют при опробовании маломощных рудных тел с крайне неравномерным распределением полезных компонентов.

Объемные пробы отбирают валовым способом, при котором в пробу попадает масса до нескольких сотен тонн, отбитая с заданного интервала в процессе проходки горной выработки. Объемное опробование применяют как контрольное (для исследования технологических свойств руды), так и рядовое (для некоторых видов полезных ископаемых, – например, опробование слюдяных месторождений, пьезосырья и т.д.).

Наиболее распространенный способ пробоотбора – бороздовый. Ширина борозды колеблется от 2 до 20 см, глубина – от 1 до 10 см. Длина борозды зависит от мощности рудного тела, если мощность изменяется в пределах 1 – 2 м. При опробовании объектов значительной мощности сквозная борозда делится на равные интервалы (интервальное бороздовое опробование), а при отдельном опробовании разновидностей руд применяется секционное бороздовое опробование.

Бороздовые пробы отбирают вручную, с помощью молотка и зубила и механизированным способом. Применяются также пневматические (ИП-6401) и электрические (ИЭ-6404) пробоотборники, сконструированные в ЦНИГРИ. Борозда выпиливается с помощью двух вращающихся алмазных кругов глубиной до 6 см. Ширина борозды может

изменяться от 1 до 5 см. Скорость резания в крепких рудах от 4 до 8 м в час. Для отбора геохимических проб из керна применяется станок СГИ.

При колонковом бурении в пробу идет весь керн, если диаметр бурения менее 46 мм (для золоторудных месторождений 60 мм), при поперечном размере керна более 46 мм в пробу отбирают половину или четверть керна. Керн раскалывают керноколом или распиливают на режущих станках вдоль длинной оси.

Геологическое опробование скважин и горных выработок при разведке некоторых видов полезных ископаемых (олово, сурьма, вольфрам и др.) производится геофизическими методами без отбора проб. Применяют различные геофизические способы каротажа, скважин, определение геофизическими способами содержаний полезных компонентов в кернах и в рудных телах, вскрытых горными выработками.

Рассмотрим в качестве примера опробование скважин и горных выработок Кадамджайского сурьмяного месторождения. Основной метод опробования скважин на месторождении — рентгенорадиометрический каротаж с применением прибора РРША-1. Измерения точечные, шаг 10 см. Рентгенорадиометрическое опробование стенок горных выработок производится аппаратурой РРС-V-01 "Гагара" и РРК-103 "Поиск". Измерения по линии вкрест простирания рудных тел с шагом замеров 10 см.

Опробование должно быть представительным и достоверным.

Представительность опробования определяется соответствием содержаний полезных компонентов в пробах и в тех объемах, на которые распространяются данные каждой пробы. Опробование считается представительным, если отобранные пробы позволяют оценить среднее содержание в изучаемом объеме недр с погрешностью не выше допустимой. Представительность опробования увеличивается с увеличением количества проб их массы и с уменьшением расстояний между пробами.

Достоверность (надежность) опробования определяется соответствием содержаний компонентов в пробах их содержаниям в тех объемах, из которых они отобраны. Опробование считается достоверным, если отсутствуют систематические погрешности, а случайные погрешности не превышают установленных пределов для разных классов содержаний. Количественная оценка достоверности опробования — величина общей погрешности, слагаемой из погрешности отбора, обработки и анализов:

$$\Delta_{\text{общ}} = \Delta^2 \text{ отбора} + \Delta^2 \text{ обработки} + \Delta^2 \text{ анализов.}$$

Таким образом, важнейшие вопросы методики опробования — обоснование расстояний между пробами и размеры проб; выбор способа пробоотбора, обеспечивающего пересечение изучаемого объекта по направлению максимальной изменчивости и исключая появление систематической погрешности; обработка проб с минимальными затратами труда и времени; производство анализов с погрешностями не выше допустимых.

Оценка представительности и достоверности опробования проводится сравнением исходных (контролируемых) данных с результатами обработки изучаемого объема недр, разрежением предельно густой сети опробования, проведением экспериментальных заверочных работ с опробованием одного и того же участка разными способами с разными размерами проб. Наиболее надежный способ контроля – сравнение данных контролируемого способа с результатами контрольных (эталонных) проб, отобранных валовым способом.

Работа лабораторий контролируется внутренним, внешним и арбитражным контролем. Количество пар сравнений при контроле отбора, обработки и анализов для выявления случайной и систематической погрешностей должно быть не менее 30 по каждому типу руд или классу содержаний.

По разделу "Опробование" выполняют следующие задания:

опробование горных выработок (выбор способа опробования, обоснование расстояния между пробами и размерами проб);

составление схемы обработки проб (расчет начальной массы пробы, выбор коэффициента неравномерности распределения компонента в руде  $K$ , выбор технических средств обработки, расчет предельной массы деления и сокращения пробы, определение количества стадий обработки);

обработка проб в приборазделочной лаборатории (в цехе обработки проб);

геофизическое опробование керна горных выработок;

геологический контроль опробования и анализов (выявление и оценка систематических и случайных погрешностей опробования и анализов).

**Задание.** Опробование горных выработок.

Исходные материалы: документация поверхностных и подземных горных выработок.

Лабораторная база: лаборатория опробования и геологической документации.

Основные вопросы:

1. Выбор способа опробования.
2. Определение размеров (сечения) и средней массы пробы.
3. Обоснование выбранного способа опробования, размеров, проб, их ориентировки и расстояний между ними.

На зарисовках горных выработок показать расположение проб (рис. 65).

Справочный материал к работе приведен в табл. 32, 33.

Число единичных проб для расчета величин среднего содержания полезного компонента в опробуемом массиве с предельно допустимой погрешностью и заданной вероятностью определяется по формуле

$$n = \frac{V^2 t^2}{p^2},$$

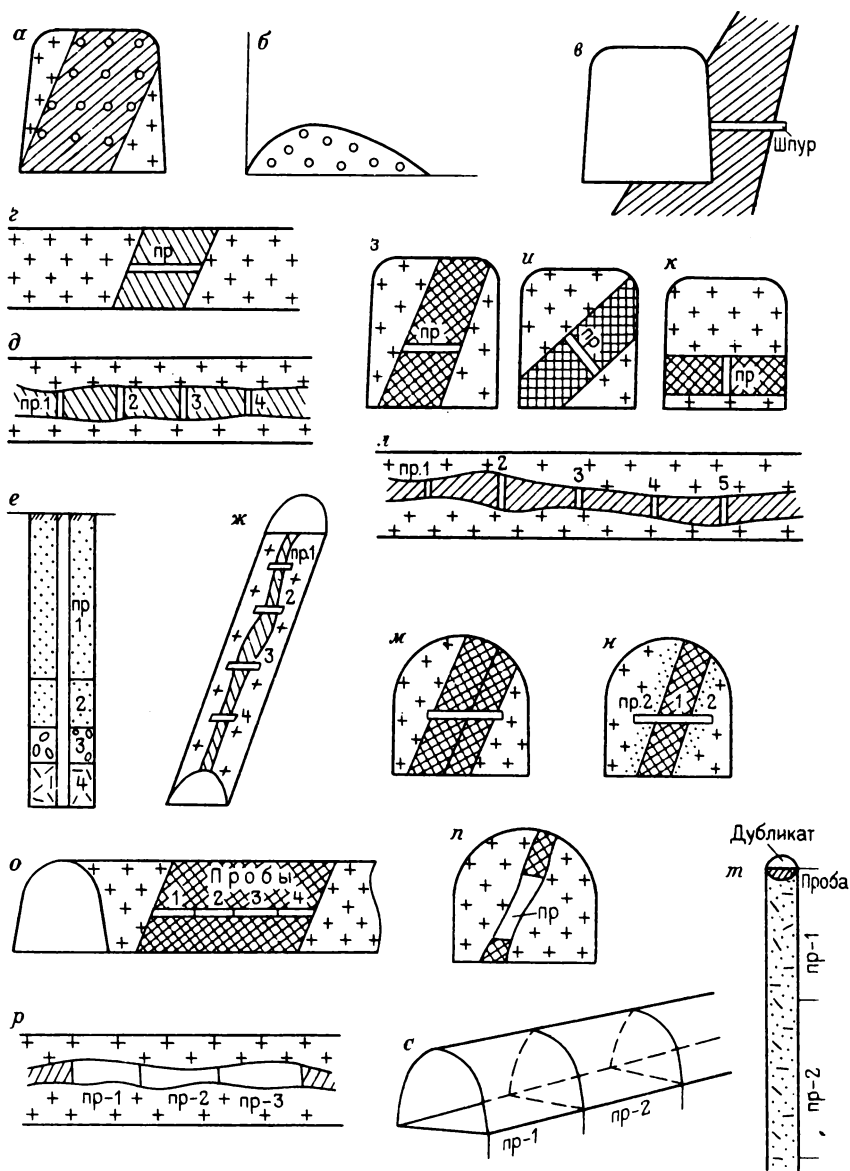


Рис. 65. Схемы расположения проб:

*а, б, в* – точечные пробы (*а* – в забое, *б* – в навале отбитой руды, *в* – штуровые); *г – м* – бороздовые пробы (*г, д* – по дну канавы, *е* – в шурфе, *ж* – по стенке восстающего, *з, и, к* – в забое, *л, м* – по кровле или стенке подземной выработки); *н* – секционные пробы по разновидностям руды; *о* – интервальные бороздовые пробы по мощному рудному телу; *п, р* – задирковые пробы по маломощным рудным телам (*п* – в забое, *р* – по дну канавы); *с, т* – валовые пробы (*с* – в подземной выработке, *т* – по керну скважин)

Типичные параметры борозд (по М.Н. Альбову)

Тип руды	Распределение содержаний	Параметры борозды, см	
		Ширина	Глубина
Крепкая	Равномерное	5 – 2	1 – 3
	Неравномерное	5 – 10	2 – 5
Мягкая	Равномерное	5 – 10	2 – 5
	Неравномерное	10 – 20	5 – 10

Таблица 33

Расстояния между пробами по штреку или канаве (по Н.В. Барышеву)

Распределение компонентов	Коэффициент вариации, %	Расстояние между пробами, м
Весьма равномерное	Менее 20	50 – 15
Равномерное	20 – 40	15 – 4
Неравномерное	40 – 100	4 – 2,5
Весьма неравномерное	100 – 150	2,5 – 1,5
Крайне неравномерное	Более 150	1,5 – 1

где  $n$  – число проб;  $V$  – коэффициент вариации, %;  $t$  – доверительная вероятность;  $p$  – предельная погрешность, %.

Расчитав предварительное число проб и зная размеры подсчетного блока, определяют расстояние между пробами:

$$l = p/n,$$

где  $l$  – расстояние между пробами;  $p$  – периметр подсчетного блока или длина сечения,  $n$  – число проб.

Максимальное расстояние между пробами определяется также по предельному радиусу автокорреляции:  $l \leq R$ , где  $l$  – расстояние между пробами;  $R$  – предельный радиус автокорреляции.

Отчетные документы: зарисовки горных выработок с нанесенными на них пробами; расчетные массы проб в пересчете на 1 погонный (для линейных проб), 1 квадратный (для площадных) или 1 кубический (для объемных проб) метр опробования.

**Задание.** Составление схемы обработки проб.

Начальная разведочная проба, отобранная в горных выработках или по керну скважин, обрабатывается для получения измельченных рядовой и аналитической пробы малой массы с содержанием компонентов, равным содержанию в начальной пробе. Обработку пробы производят

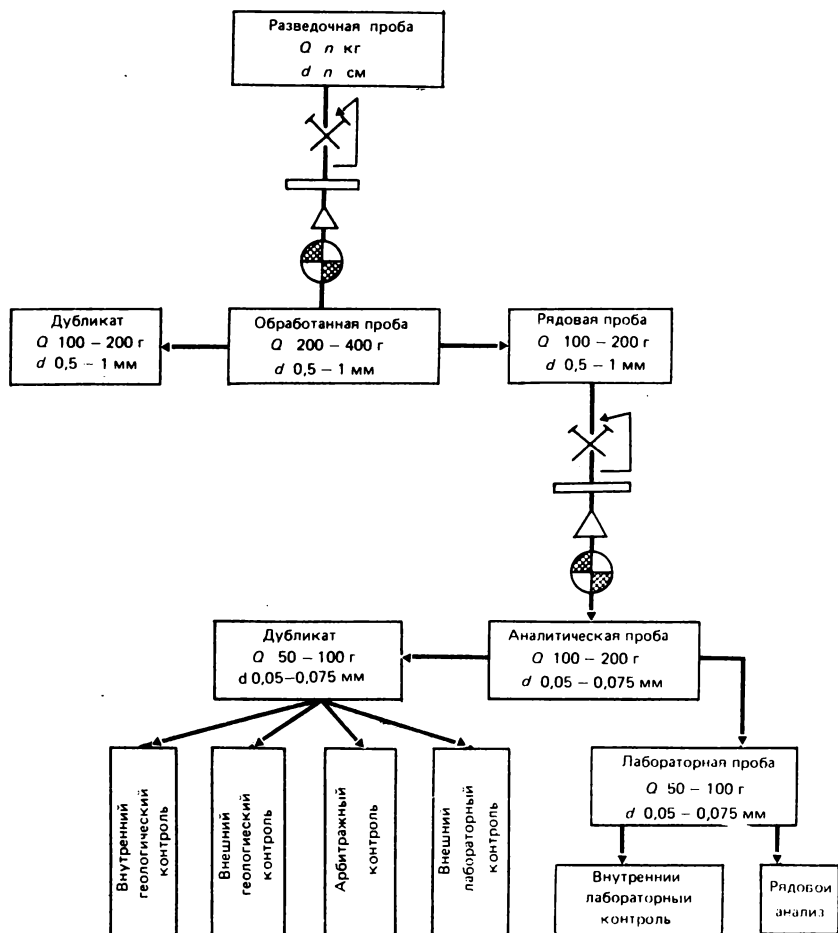


Рис. 66. Последовательность обработки разведочных проб

по схеме, позволяющей получить представительную аналитическую пробу с наименьшими затратами труда и времени. Общая последовательность обработки показана на схеме (рис. 66).

Наиболее простая одноактная схема обработки — измельчение начальной пробы до 1 мм без сокращения в одну стадию с последующим истиранием аналитической пробы до 0,5 – 0,075 мм. Такая схема обеспечивает минимальные погрешности обработки и применяется при наличии производительных дробильных механизмов и при малых (2 – 3 кг) массах начальных проб. В остальных случаях пробы обрабатывают по схемам в три и более стадий. Схемы составляют чаще всего в соответствии с формулой Ричардса – Чечотта

$$Q = kd^2,$$

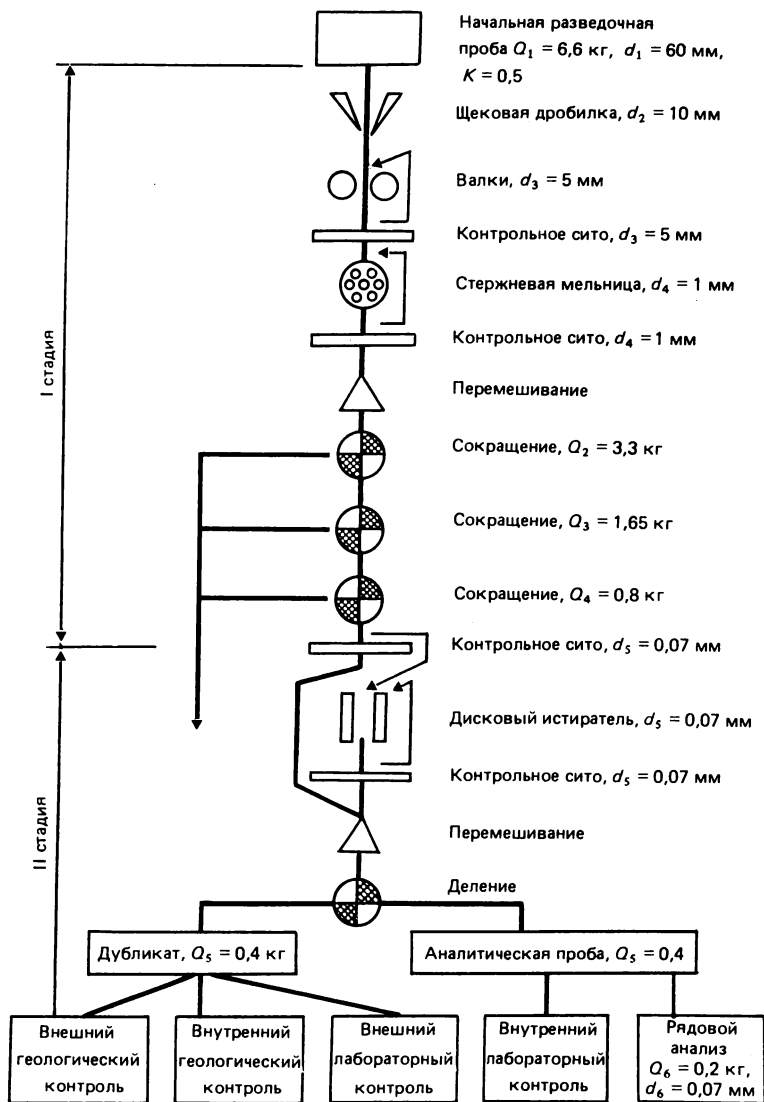


Рис. 67. Схема обработки проб

где  $Q$  – массы пробы, кг;  $k$  – коэффициент, учитывающий распределение компонента в руде;  $d$  – диаметр частиц, мм.

Рассмотрим пример составления схемы обработки проб.

Начальная масса пробы 6,6 кг, начальный диаметр частиц 60 мм. Распределение компонентов в руде весьма неравномерное,  $K$  равен 0,5 (рис. 67).

В геологоразведочной партии проводится измельчение на щековых дробилках (до 10 мм), на валках (до 5 мм) и в стержневой мельнице (до 1 мм). После дробления на пусковой дробилке и валках пробу делить и сокращать нельзя, так как только при  $Q = kd^2$  компоненты распределяются равномерно во всех частях пробы, а при  $Q = 2kd^2$  пробу можно сократить в два раза. Неравенство  $Q > kd^2$  указывает на возможность сокращения, а  $Q < kd^2$  — на невозможность деления пробы, так как в этом случае компонент распределен в пробе неравномерно. В нашем случае после дробления на щековой дробилке  $Q < kd^2$   $6,6 < < 0,5 \cdot 10^2$ ; после дробления на валках  $Q < kd^2$   $6,6 < 0,5 \cdot 5^2$ .

И только после измельчения материала пробы в стержневой мельнице  $Q > kd^2$   $6,6 > 0,5 \cdot 1^2$ .

Следовательно, пробу можно делить и сократить до предельной массы, определяемой по формуле  $Q = kd^2 = 0,5 \cdot 1^2 = 0,5$  кг.

Пробу массой 6,6 кг после измельчения до 1 мм можно сократить до массы 0,5 кг. На схеме показано трехкратное деление и сокращение пробы до массы 0,8 кг. Еще раз эту пробу разделить пополам нельзя, так как получится конечная масса 0,4 кг, а это меньше предельной массы сокращения 0,5 кг.

Далее рядовую пробу стирают на дисковом истирателе и разделяют на дубликат и аналитическую пробу для производства основного рядового анализа и ряда контрольных анализов.

Если учесть, что в цехах опробования геологоразведочных партий и экспедиций измельчения производится до 1 мм (аналитические пробы стираются в лабораториях), то рассмотренная выше схема может быть названа одностадийной или одноактной, практически исключающей погрешности обработки, характерные для многостадийных схем.

Исходные материалы: сведения по геологии и разведке одного из месторождений (мощность рудного тела, состав и объемная масса руды, технические средства разведки).

При наличии цеха обработки проб в лаборатории исходным материалом работы служат начальные разведочные пробы, отобранные в горных выработках или по керну скважин.

Лабораторная база: лаборатория опробования и геологической документации.

Основные вопросы:

- выбор способа опробования;
- обоснование размеров проб;
- определение начальной массы пробы;
- решение вопроса о равномерности распределения полезного компонента в руде и выборе коэффициента  $k$  (с помощью табл. 34);
- составление схемы обработки проб.

Перечень дробильных механизмов:

1. Щековые дробилки, измельчение 10 — 3 мм.
2. Валки, измельчение 4 — 1 мм.
3. Стержневые (шаровые) мельницы, измельчение 2 — 0,1 мм.
4. Вибрационные истиратели, измельчение 0,1 — 0,075 мм.

Ориентировочные значения коэффициента неравномерности  
распределения полезного компонента  $k$

Распределение компонентов в руде	Коэффициент вариации, %	$k$
Весьма равномерное	< 20	0,01 – 0,02
Равномерное	20 – 40	0,02 – 0,1
Неравномерное	40 – 100	0,1 – 0,2
Весьма неравномерное	100 – 150	0,2 – 0,5
Крайне неравномерное	> 150	0,5 – 1,0

5. Дисковые истритатели, измельчение 0,1 – 0,075 мм.

Отчетные документы: схема обработки проб.

**Задание.** Обработка проб. Обработка проб производится в пробо-разделочных лабораториях (цехах обработки проб) и состоит из следующих операций: дробление (измельчение), грохочение (просеивание), перемешивание и сокращение. Лабораторную (конечную) пробу можно получить при обработке геологической (начальной) пробы двумя способами.

Первый способ обработки геологической пробы – измельчение начальной пробы без сокращения до конечного диаметра, необходимого для выполнения анализов. Проба сначала дробится на щековой дробилке до 70 – 100 мм, а затем на специальных установках производится конечное измельчение до 0,1 – 0,074 мм. Используют следующие установки.

1. Установка обработки геологических проб УОГП (разработка ВИТР) обрабатывает пробы массой 0,5 – 20 кг при начальной крупности частиц до 100 мм, крупность материала обработанной пробы 0,1 – 0,074 мм, производительность до 200 кг/час.

2. Агрегат пробный АП (разработка ВИТР) позволяет обрабатывать пробы массой 1 – 50 кг при начальной крупности частиц до 70 мм, крупность конечного дробления не более 0,074 мм, производительность 30 – 70 проб в смену.

3. Установка Комаровского обработки разведочных проб УКОРП обрабатывает пробы с начальным диаметром частиц не более 90 мм, с измельчением до – 2 + 0 мм, производительность – 0,3 м<sup>3</sup>/час.

Второй способ обработки проб заключается в последовательной обработке проб по стадиям с постепенным измельчением и сокращением материала в соответствии со схемой обработки. Крупное (100 – 300 мм) и среднее (3 – 12 мм) дробление осуществляется в щековых дробилках, мелкое измельчение (0,5 – 1 мм) – на валках, тонкое истритание (0,15 – 0,074 мм) – на различных истритателях. Перемешивание материала производится способом кольца и конуса, деление – квартованием или желобковым делителем Джонса, просеивание – на грохоте и стандартных ситах.

Примерный список оборудования, необходимого для обработки проб, включает следующие механизмы: щековая дробилка — 1; дробильные валки — 1; дисковый истиратель — 1; камнерезный станок для распилики керна — 1; электромотор — 4, вентиляционная установка — 1; набор стандартных сит — 2; желобковые делители — 3; весы рычаговые — 1; весы аналитические — 1. Механизмы мелкого и тонкого измельчения (валки и истиратели) могут быть заменены специальными установками типа УОГП и АП.

Исходные материалы: геологические пробы кернового или бороздового опробования.

Лабораторная база: лаборатория обработки проб.

Основные вопросы:

составление схемы обработки проб;  
подбор механизмов и оборудования;  
обработка пробы.

Отчетный материал: краткое описание выполнения задания и полученные лабораторные пробы.

**Задание.** Геофизическое опробование керна и горных выработок.

Исходные материалы: ящики с керном буровых скважин, набор образцов руд, имитирующий один из элементов горной выработки.

Лабораторная база: лаборатория опробования и геологической документации.

Основные вопросы:

изучить геофизические приборы каротажа, экспресс-определений в керне и опробования горных выработок;

произвести замеры с шагом 10 см по керну и макету горной выработки;

определить среднее содержание компонента в рудном интервале по керну или в руде горной выработки.

Отчетные документы: таблица замеров и расчет среднего содержания компонента в изучаемом объекте.

**Задание.** Геологический контроль опробования и анализов.

Исходные материалы: результаты геологического контроля анализов проб или данные сравнения основного и контрольного опробования.

Основные вопросы:

определить случайную погрешность опробования или анализов и оценить ее по таблице допустимых отклонений ГКЗ;

рассчитать систематическую погрешность и оценить ее значимость с помощью различных критериев.

В задании рассматриваются различные типы геологического контроля анализов — внутренний, внешний и арбитражный.

Внутренний контроль предназначен для определения величин случайных погрешностей рядовых анализов и соответствия их предельно допустимым среднеквадратическим погрешностям.

Внутренний контроль осуществляется путем анализа зашифрован-

## Формуляр расчета случайной погрешности анализов

№ п/п	Содержания		Расхождение	
	по рядовым анали- зам $C_{ip}$	по контрольным анализам $C_{ik}$	$C_{ip} - C_{ik}$	$(C_{ip} - C_{ik})^2$
1	2	3	4	5

ных контрольных проб в той же лаборатории, которая выполняет рядовые анализы. Контрольные пробы отбирают из дубликатов аналитических проб (не менее 30 по каждому классу содержаний).

Среднеарифметическое содержание компонента, определенное по всем пробам:

$$\bar{C} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ip} + C_{ik})}{2n},$$

где  $n$  – число контрольных проб,  $i = 1, 2, \dots, n$ .

Среднеквадратическая погрешность единичного анализа

$$\Delta S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_{ip} - C_{ik})^2}{2n}}$$

Относительная среднеквадратическая погрешность

$$S_{\text{отн}} = \frac{S \cdot 100}{C} \%,$$

Относительная среднеквадратическая погрешность сравнивается с допустимыми относительными среднеквадратическими отклонениями результатов анализов, определяемыми по Инструкции ГКЗ или с помощью табл. 35, 36.

Внешний контроль предназначен для оценки систематических расхождений между результатами анализов в основной и контролирующей лабораториях. На внешний контроль направляют не менее 30 проб каждого класса содержаний, прошедших внутренний геологический контроль, т.е. проанализированных в основной лаборатории два раза. В контролирующей лаборатории пробы анализируют также дважды и среднее из двух анализов вносят в таблицу расчета систематической погрешности (табл. 37, 38).

Среднее арифметическое содержание

$$C_p = \frac{\sum_{i=1}^n C_{ip}}{n},$$

где  $n$  – число пар сравнений.

Допустимые относительные среднеквадратические отклонения результатов анализов проб, %

№ п/п	Интервал содержаний, %	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	Zn	Sn	Pb	Cu	WO <sub>3</sub>	Mo	Hg	Co	Ni	Au
1	60,0 - 60,9	1,1											
2	50,0 - 50,9	1,2											
3	40,0 - 49,9	1,6	0,7										
4	30,0 - 39,9	2,1	0,8										
5	20,0 - 29,9	2,8	1,0	1,4	1,4								
6	10,0 - 19,9	3,5	1,6	2,5	1,8	2,5	2,5	6,0					
7	5,0 - 9,9	5,4	3,0	3,5	2,8	3,5	4,5	7,0					
8	2,0 - 4,9	8,0	5,6	6,0	4,3	6,0	5,5	8,0	2,8	5,4	2,1	5,0	
9	1,0 - 1,9	11	9,0	11	5,7	8,5	8,5	9,0	6,0	7,0	3,0	7,1	
10	0,5 - 0,99	15	11	11	7,5	11	13	11	8,5	8,5	5,0	9,6	
11	0,2 - 0,49	20	15	13	10	13	14	16	13	9,0	5,4	13	
12	0,1 - 0,19	25	20	14	15	14	17	18	18	11	8,0	17	3,2
13	0,05 - 0,009	28	23	18	16	17	20	18	18	14	14	20	5,4
14	0,02 - 0,049	30	27	21	20	21	25	19	23	17	20	23	8,2
15	0,01 - 0,019	30	30	25	24	25	30	25	24	25	30	25	12
16	0,005 - 0,0099	30	30	27	30	30	30	30	30	26	30	30	18
17	0,002 - 0,0049	30	30	29	30	30	30	30	30	30	30	30	27
18	0,001 - 0,0019	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30
19	0,0002 - 0,00049	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30

## Формуляр для расчета систематической погрешности

№ п/п	Содержания		Расхождения с учетом знака $d_i = C_{ip} - C_{ik}$	Расчет среднеквадратического отклонения	
	рядового анализа $C_{ip}$	контролирующей лаборатории $C_{ik}$		$d_i - \bar{d}$	$(d_i - \bar{d})^2$
1	2	3	4	5	6

Таблица 38

Значение  $t_{\text{теор}}$  для разных уровней значимости

Число степеней свободы $f = n - 1$	Уровень значимости				
	0,01	0,05	0,02	0,01	0,001
29	1,70	2,04	2,46	2,76	3,65
30	1,68	2,04	2,46	2,75	3,65
40	1,67	2,02	2,42	2,70	3,55

Абсолютное систематическое расхождение

$$\bar{d} = \frac{\sum_{i=1}^n (C_{ip} - C_{ik})}{n} \pm \%, \text{ г/т, г/м}^3.$$

Относительное систематическое расхождение

$$\bar{d}_{\text{отн}} = \frac{\bar{d} \cdot 100}{\bar{C}_p}, \%$$

Оценка значимости систематического расхождения с помощью критерия (распределение Стьюдента):

$$t_{\text{экс}} = \frac{|\bar{d}_0| \sqrt{n}}{Sd},$$

где  $Sd$  – выборочное среднеквадратическое отклонение:

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (d_i - \bar{d})^2}{n-1}}$$

При  $t_{\text{эксп}} > t_{\text{теор}}$  систематическое расхождение значимо.

Оценка значимости систематических расхождений по критерию "ничтожной" погрешности"

При  $\frac{|d_{\text{отн}}|}{\sigma_{\text{доп}}} > 0,33$  погрешность значима, где  $\sigma_{\text{доп}}$  — допустимое среднеквадратическое отклонение, определенное по таблице.

Оценка значимости систематического расхождения по критерию знаков.

Систематическое расхождение имеет место, если число испытаний с реже встречающимся знаком расхождения не превышает при 0,05 уровня значимости (95 % вероятности) следующих пределов: (вначале указано число пар сравнений, в скобках — число испытаний с реже встречающимся знаком): 1 — 8 (0); 9 — 11 (1); 12 — 14 (2), 15 — 16 (3), 17 — 19 (4), 20 — 22 (5), 23 — 24 (6), 25 — 27 (7), 28 — 29 (8), 30 — 32 (9), 33 — 34 (10), 35 — 36 (11), 37 — 39 (12), 40 — 42 (13).

Арбитражный контроль проводится только при обнаружении систематических расхождений между результатами основной и контролирующей лабораторий. Список арбитражных лабораторий утверждается Министерством геологии СССР.

При подтверждении систематических расхождений арбитражным контролем вводится поправочный коэффициент к результатам рядовых анализов или к итоговой цифре среднего содержания в подсчетном блоке:

$$C_{ip}^{\text{исп}} = K C_{ip}; \quad \bar{C}^{\text{исп}} = K \bar{C},$$

где  $K = \left( \frac{100 - \bar{d}_{\text{отн}}}{100} \right) 100$ ;  $\bar{C}_{ip}^{\text{исп}}$  — исправленный результат анализа  $i$  пробы,  $C_{ip}^{\text{исп}}$  — исправленное среднее содержание в подсчетном блоке;  $C_{ip}$  — рядовой анализ основной лаборатории,  $\bar{C}$  — среднее содержание в блоке систематической погрешностью,  $K$  — поправочный коэффициент,  $\bar{d}_{\text{отн}}$  — относительное систематическое расхождение, %.

Отчетные документы: таблицы расчета случайной и систематической погрешностей анализов с результатами их оценки в соответствии с требованиями ГКЗ.

## СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

---

1. *Аристов В.В.* Методика геохимических поисков твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1984.
2. *Багдасаров Ш.Б., Верчеба А.О., Пальмов И.И.* Справочник горного инженера геологоразведочных партий. М., Недра, 1986.
3. *Бирюков В.И., Куличихин С.Н., Трофимов Н.Н.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1987.
4. *Гайдин А.М., Певзнер М.Е., Смирнов Б.В.* Прогнозная оценка инженерно-геологических условий разработки месторождений твердых полезных ископаемых. М., Недра, 1983.
5. *Геолого-экономический анализ* развития рудной сырьевой базы за рубежом/Труды ВНИИ геол. зарубежн. стран, вып. 42, М., Недра, 1983.
6. *Инструкция* по внутреннему, внешнему и арбитражному геологическому контролю качества анализов разведочных проб твердых полезных ископаемых, выполняемых в лабораториях Мингео СССР. М., ВИМС, 1982
7. *Инструкция* по геохимическим методам поисков рудных месторождений. М., Недра, 1983.
8. *Инструкции* по применению классификации запасов к месторождениям различных видов минерального сырья. М., ГКЗ СССР, 1983 – 1985.
9. *Каждан А.Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Научные основы поисков и разведки. М., Недра, 1984.
10. *Каждан А.Б.* Поиски и разведка месторождений полезных ископаемых. Производство геологоразведочных работ. М., Недра, 1985.
11. *Кирпаль Г.Р.* Прогноз и поиски месторождений бокситов, М., Недра, 1980.
12. *Коц Г.А., Чернопятов С.Ф., Шманенков И.В.* Технологическое опробование и картирование месторождений. М., Недра, 1980.
13. *Красильщиков Я.С.* Основы фотографии и кинематографии при геологических работах. М., Недра, 1986.
14. *Кривцов А.И., Нарсеев В.А.* Геологоразведочный процесс и прогнозно-поисковые комплексы. – Советская геология, 1983, № 1.
15. *Методические указания* по подразделению геологоразведочных работ на стадии (твердые полезные ископаемые), Мингео СССР, 1984.
16. *Поиски, разведка и геолого-экономическая оценка месторождений вольфрама.* М., Недра, 1983.
17. *Поиски, разведка и оценка корренных месторождений олова.* М., Недра, 1983.
18. *Покалов В.Т.* Геологические основы поисков и оценки эндогенных месторождений молибдена. М., Недра, 1983.
19. *Рудничная геология/В.Ф. Мягков, А.М. Быбочкин, И.И. Бугаев и др.* М., Недра, 1986.
20. *Соловов А.П.* Геохимические методы поисков месторождений полезных ископаемых. М., Недра, 1985.

21. *Соловов А.П., Матвеев А.А.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. М., Изд-во МГУ, 1985.

22. *Справочник инженера по бурению геологоразведочных скважин/Под ред. Е.А. Козловского*, т. 1, М., Недра, 1984.

23. *Справочник по поискам и разведке месторождений цветных металлов/А.И. Кривцов, И.З. Самонов, Е.И. Филатов и др.*, М., Недра, 1985.

24. *Справочник по рудам черных металлов для геологов/В.М. Григорьев, Г.Г. Кравченко, В.П. Рахманов и др.* М., Недра, 1985.

25. *СССР из космоса. Альбом космоснимков.* М., изд. Гл. упр. геодезии и картографии при СМ СССР. 1983.

26. *Тархов А.Г., Бондаренко В.М., Никитин А.А.* Комплексирование геофизических методов. М., Недра, 1982.

27. *Чумаченко Б.А., Власов Е.П., Марченко В.В.* Системный анализ при геологической оценке перспектив рудоносности территорий. М., Недра, 1980.

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО СОСТАВЛЕНИЮ КУРСОВОГО ПРОЕКТА И МЕТОДИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИПЛОМНОГО ПРОЕКТА (И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ СЪЕМКА И ПОИСКИ)

---

Курсовой проект и методический раздел дипломного проекта составляют по единой программе по материалам преддипломной практики. Курсовой проект представляет собой первый сокращенный вариант методического раздела дипломного проекта, в котором разрабатываются основные положения геологического обоснования и методики проектируемых работ. В методическом разделе дипломного проекта эти положения детализируются, оснащаются подробными расчетами, сопровождаются результатами лабораторных исследований.

Рассмотрим содержание методического раздела дипломных проектов по специальности "Геологическая съемка и поиски месторождений твердых полезных ископаемых".

Тема методического раздела конкретизируется в зависимости от имеющихся у студента-дипломника полевых материалов. Эта часть может, например, называться "Проект региональной геологической съемки масштаба 1 : 200000 (1 : 100000) в районе. . .", "Проект групповой геологической съемки масштаба 1 : 50000 (1 : 25000) с общими поисками в районе. . .", "Проект поисковых работ на перспективной площади. . .", "Проект поисково-оценочных работ на участке проявления. . .".

Основное требование – проект должен возможно полнее отражать реальную стадию геологосъемочных и поисковых работ в условиях конкретного района.

В соответствии с приказом № 121 Мингео СССР от 14.03.1985 г. о проектировании геологоразведочных работ проект должен состоять из следующих разделов:

- геологическое задание;
- географо-экономическая характеристика района работ;
- обзор, анализ и оценка ранее проведенных исследований;
- геологическая, гидрогеологическая, геохимическая и геофизическая характеристика объекта работ;
- методика проектируемых работ и подсчет ожидаемого прироста (перевода) запасов полезных ископаемых;
- особенности проектирования отдельных видов геологоразведочных работ;
- охрана недр и окружающей среды;
- перечень, объем и условия производства проектируемых работ.

Последний из перечисленных разделов введен вместо производственно-технической части прежних проектов.

Методический раздел в дипломном (курсовом) проекте объединяет содержание двух разделов: "Методика проектируемых работ. . ." и "Особенности проектирования отдельных видов геологоразведочных работ".

Геологическое задание помещают в начале методического раздела или в начале всего дипломного (курсового) проекта (форма геологического задания приведена в табл.).

В методическом разделе разрабатываются следующие вопросы: 1) геологическое обоснование выбора перспективного объекта (площадки, участка); 2) геологическая и поисковая изученность перспективного объекта; 3) цели и задачи проекта; 4) геологические и ландшафтные условия проведения проектируемых работ; 5) методика проектируемых работ; 6) опробование; 7) документация при поисковых работах; 8) лабораторные исследования; 9) проектируемые работы (сводная таблица); 10) предварительная оценка перспективного объекта.

1. Геологическое обоснование выбора перспективного объекта (площади, участка).

Предпосылки и признаки поискового прогнозирования, используемые для выбора перспективного объекта. Карта прогноза.

Геологическая и металлогеническая (минералогическая) характеристика перспективного объекта;

положение в геологической структуре района;

особенности строения и состава осадочных толщ и магматических образований (интрузивных, вулканогенных); проявления полезных ископаемых (морфология, состав); минералогические и геохимические аномалии (ореолы рассеяния, геофизические аномалии).

Тип ожидаемых месторождений полезных ископаемых по характеру создаваемых аномалий (минералогических, геохимических, геофизических).

Описание проявлений полезных ископаемых, а также минералогических и геохимических аномалий (ореолов рассеяния) сопровождается данными, полученными студентами в результате лабораторных исследований полированных в прозрачных шлифов, естественных и искусственных шлихов, образцов, геохимических проб.

## 2. Геологическая и поисковая изученность перспективного объекта.

Сведения о геологической и поисковой изученности объекта проектируемых работ, об истории открытия проявлений и месторождений полезных ископаемых, минерало-геохимических и геофизических аномалий, а также данные о применявшихся методиках работ, их объемах и производственных затратах. Геологические результаты, организационно-экономический анализ и оценка этих работ (особенности организационных работ – достоинства и недостатки; достигнутые технико-экономические показатели – общие затраты; затраты на единицу работ или стоимости единицы).

3. Цели и задачи проекта. Обоснование рекомендуемой стадии геологосъемочных и поисковых работ с учетом ранее выполненных исследований. Намечаемые задачи должны раскрывать в более подробной форме те задачи, которые сформулированы в "Геологическом задании". Обсуждаются варианты стадийности проектируемых работ. Рассматриваются вопросы экономической целесообразности выбранного варианта проектируемых работ. Определяются сроки выполнения проекта.

4. Геологические и ландшафтные условия проведения проектируемых работ. Категории сложности района по геологическому строению, дешифрируемости аэрофотоматериалов, проходимости (по СУСН).

Типы элементарных ландшафтов и их распределение на площади района. Четвертичные отложения (типы, состав, мощность). Глубина эрозионного среза. Биоклиматическая зональность (растительность, почвы).

5. Методика проектируемых работ. Масштаб геологосъемочных, поисковых или поисково-оценочных работ. Обоснование выбора масштаба на основании геологических параметров объекта, размера, площади, изученности района и экономической целесообразности.

Выбор и геолого-экономическое обоснование комплекса методов проектируемых работ в соответствии с типом ожидаемых месторождений по характеру создаваемых аномалий. Проектирование сети наблюдений для применения намечаемых методов.

Методика, условия применения и технико-экономические показатели отдельных методов геологосъемочных и поисковых работ;

космофотogeологические, аэрогеологические и аэрогеофизические методы съемки и поисков;

наземные методы геологической съемки и поисков;

топографические и геодезические работы; геологические и поисковые маршруты; минералогические методы (шлиховой, валунно-ледниковый, русловый или обломочно-речной);

геохимические методы (литохимические, гидрохимические, атмосферические, ядерно-геохимические), геофизические методы (магнитометрия, гравиметрия, сейсмометрия, электрометрия, радиометрия), горно-буровые методы, подводные методы поисков.

Из перечисленных методов описываются те, которые предусмотрены для выполнения проектируемых работ. Для каждого метода указывают геологическое обоснование применения, технические средства, параметры сети наблюдений, проектируемые объемы. Особое внимание следует обратить на вопросы рационального сочетания выбранного комплекса методов, а также на использование новых приборов и механизмов, повышающих эффективность поисковых работ.

6. Опробование. Проектируемая методика отбора и обработки проб, которые предполагается отобрать только на проявлениях полезных ископаемых. Рассчитывают и составляют схемы обработки проб.

Поисковое (шлиховое, геохимическое) опробование рассматривается в предыдущей главе, где дается описание методов поисков.

7. Документация при поисковых работах. Обоснование методики документации геологических и поисковых маршрутов, минералогических, геохимических и геофизических аномалий, горных выработок и буровых скважин (картировочных, структурных, поисковых или поисково-оценочных).

8. Лабораторные исследования. Выполнение различных видов анализов: спектральных, атомно-абсорбционных, химических, пробирных, микрохимических, минералогических, ядерно-физических. Дешифрирование и интерпретация космифото-, аэрофото- и аэрогеофизических материалов.

9. Сводная таблица проектируемых работ. В таблице указывают виды работ (полевые, лабораторные, камеральные), единицы измерения и общие объемы работ (по каждому виду).

10. Предварительная оценка перспективного объекта. Основные факторы (геологические, ландшафтно-географические, экономические), определяющие предварительную оценку перспективного объекта с точки зрения возможного обнаружения промышленных месторождений полезных ископаемых.

Требования, предъявляемые к промышленным месторождениям ожидаемой продуктивной формации (по масштабу запасов, качеству полезного ископаемого, технологическим свойствам).

Количественная оценка ожидаемых ресурсов и запасов по категории  $C_2$  в отдельных проявлениях полезных ископаемых или в целом на перспективной площади.

Иллюстрации в тексте методического раздела: геологические схемы, разрезы, зарисовки проявлений полезных ископаемых, микрофотографии шлихов и аншлифов, микроразрисовки шлиховых минералов, схемы обработки различных типов проб, фотоснимки обнажений, карты геологической и поисковой изученности.

Графические приложения (на отдельных листах).

1. Прогнозная карта района: "Карта закономерностей размещения и прогноза полезных ископаемых района. . ." или "Прогнозно-металлогенетическая карта района. . .", или "Геологическая карта с элементами прогноза района. . .".

Карту составляют на геологической или тектонической основе.

2. Карта с названием: "Проект геологической съемки масштаба 1 : 50 000 с общими поисками в районе. . ." или "Проект поисковых работ на перспективной площади. . .", или "Проект поисково-оценочных работ на участке. . .".

Карту составляют на ландшафтной основе с выделением главных геологических объектов, имеющих значение предпосылок и признаков поискового прогнозирования. На карту наносят сеть проектируемых работ и сопровождают прогнозными разрезами, на которых показаны проектируемые выработки и скважины.

3. Лист документационных зарисовок наиболее характерных проявлений полезных ископаемых.

4. Парагенетическая схема минералообразования или схема минерального состава шлихов.

5. Шлиховая и геохимическая карты.

6. Карта результатов геофизических исследований (главных геофизических аномалий).

## ОГЛАВЛЕНИЕ

---

Предисловие . . . . .	3
<b>Раздел I. Поиски месторождений</b>	
Глава 1. Методы поисков . . . . .	5
Глава 2. Разработка прогнозов месторождений . . . . .	49
Глава 3. Проектирование и методика поисков . . . . .	59
Глава 4. Оценка прогнозных ресурсов . . . . .	84
<b>Раздел II. Разведка месторождений</b>	
Глава 5. Требования к изученности минерального сырья . . . . .	92
Глава 6. Геологическое задание . . . . .	101
Глава 7. Методика составления геолого-прогнозной основы . . . . .	106
Глава 8. Оценка сложности строения рудных образований . . . . .	112
Глава 9. Выбор разведочной системы и технических средств разведки . . . . .	125
Глава 10. Анализ плотности разведочной сети . . . . .	136
Глава 11. Выделение рудных интервалов с использованием кондиционных показателей . . . . .	146
Глава 12. Оконтуривание и блокировка запасов . . . . .	150
Глава 13. Подсчет запасов . . . . .	155
<b>Раздел III. Геологическая документация и опробование</b>	
Глава 14. Геологическая документация . . . . .	163
Глава 15. Опробование . . . . .	171
Список рекомендуемой литературы . . . . .	186
Приложение. Методические указания по составлению курсового проекта и методического раздела дипломного проекта (геологическая съемка и поиски) . . . . .	188

## УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

Аристов Владимир Васильевич  
Безирганов Борис Гайкович  
Бортников Анатолий Яковлевич и др.

## ПОИСКИ И РАЗВЕДКА МЕСТОРОЖДЕНИЙ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Заведующий редакцией В.А. Крыжановский  
Редактор издательства Ю.А. Рожнов  
Художественный редактор Г.Н. Юрчевская  
Технические редакторы А.Г. Тумарева, Л.А. Миронова  
Корректор Л.М. Кауфман  
Операторы Л.Н. Жучкова, И.В. Севалкина

ИБ № 7486

---

Подписано в печать с репродуцируемого оригинал-макета 31.07.89. Т-08674.  
Формат 60x90<sup>1/16</sup> Бум. офсетная № 2. Гарнитура Пресс-роман. Печать офсетная. Усл.-печ. л. 12,0. Усл. кр.-отт. 12,25. Уч.-изд. л. 14,0. Тираж 5830 экз.  
Зак. № 666 /1620-2. Цена 45 коп.  
Набор выполнен на наборно-пишущей машине.

---

Ордена "Знак Почета" издательство "Недра".  
125047 Москва, пл. Белорусского вокзала, 3.

Тульская типография Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР  
по печати.  
300600, г. Тула, проспект Ленина, 109.